

# **KOZMIČKA EVOLUCIJA**

## **razvoj svemira, galaksija i zvijezda**

**doc. dr. sc. Dario Hrupec**

**Odjel za fiziku Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku**

**Sastanak ŽSV-a nastavnika fizike u gimnazijama Grada Zagreba  
16. veljače 2022.**



stoljećima su ljudi (noćno) nebo smatrali...



stoljećima su ljudi (noćno) nebo smatrali...  
vječnim i savršenim (ukratko: **nepromjenjivim**)



Picard, Zvezdane staze



# JINX

BYE BYE BYE BABY BYE

Srušilo se sve  
Pored mene nema te  
Kao da se bijes  
Spustio u grad  
Srušio se sad  
Srušilo se sve  
Ljuljaju se ulice  
Kao da je bijes  
Kao zadnji ples  
Kao da je zemljotres  
Srušilo se sve

Bye bye bye, baby, bye

**Možda i zvijezde gube sjaj**

Možda je raj  
Prevara za kraj (baby, bye)  
Možda je najbolje  
Godinama iza nas  
Srušilo se sve

...

# Da, zvijezde “gube sjaj”!

**Zvijezde** imaju svoj početak, razvoj i završetak.  
Kao i **planeti** (koji su dijelovi zvjezdanog sustava).  
Kao i **galaksije**.  
Kao i **svemir**.

Od definicija prema razumijevanju:

# Od definicija prema razumijevanju: SUNCE JE ZVIJEZDA



**Energija i kemijske promjene**

### 1.1. Uvod

Da je Sunce vrlo važno za život na Zemlji, ljudi su shvatili davno prije nego što su saznali da se Zemlja okreće oko njega. Uvidjeli su da život na Zemlji ne bi bio moguć bez njegove topline i svjetlosti. Pod utjecajem Sunca, milijunima godina nastajali su i danas najvažniji izvori energije – fosilna goriva: ugljen, zemni plin i nafta.

Sunce je veliki nuklearni reaktor koji stvara golemu količinu energije. Svake sekunde u unutrašnjosti Sunca iz 657 milijuna tona vodika nastaje 653 milijuna tona helija. Prema tome, svake se sekunde masa Sunca smanji za 4 milijuna tona. Ta se masa pretvara u energiju koju Sunce isijava u svemir.

Pomoću Sunčeve energije i klorofila biljke reakcijom **fotosinteze** pretvaraju ugljikov(IV) oksid i vodu u kisik i ugljikohidrate, koji ljudima i životinjama služe za disanje i hranu. To je reakcija koja napreduje samo uz neprestano dovodenje energije. Čim se energija prestane dovoditi, reakcija se prekida. U suprotnoj reakciji reakcijom glukoze ( $C_6H_{12}O_6$ ) s kisikom energija se oslobađa, pa je hrana bogata ugljikohidratima izvor energije. Prema tome, sva živa bića žive na račun Sunčeve energije.



Planet Sunce


$$6CO_2(g) + 6H_2O(l) \xrightarrow{hv, \text{ klorofil}} C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g)$$

Slika 1.1. Fotosinteza

2



# Od definicija prema razumijevanju: **SUNCE JE ZVIJEZDA**

**ZVIJEZDA** je masivna kugla plazme s termonuklearnim izvorom energije koju na okupu drži gravitacija

**PLANET** je nebesko tijelo koje se giba oko zvijezde i koje je dovoljno masivno da poprimi kuglasti oblik zbog vlastite gravitacije, ali nije dovoljno masivno da postane zvijezda i koje je očistilo okolinu svoje orbite od manjih tijela

# Od definicija prema razumijevanju: ASTROLOGIJA NIJE ZNANOST



# Od definicija prema razumijevanju: **ASTROLOGIJA NIJE ZNANOST**

**ASTROLOGIJA** je pseudoznanost, traženje navodnih zakonitosti prema kojima položaji planeta i zvijezda utječu na sudbine pojedinaca

PSEUDOZNANOST je vjerovanje koje se lažno predstavlja kao znanstveno, ali ignorira znanstvenu metodu

**ASTRONOMIJA** je prirodna znanost, istraživanje nebeskih objekata (planeta, zvijezda, galaksija...) i izvanzemaljskih pojava (eksplozija supernova...)

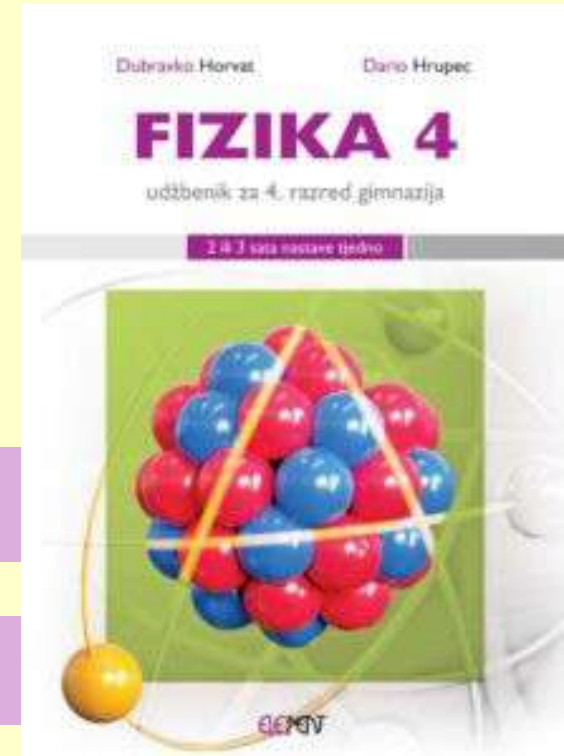
ZNANOST je djelatnost kojom se prikuplja i organizira znanje, na način koji je *provjerljiv* i *ponovljiv* eksperimentima, u obliku objašnjenja i *predviđanja* o svijetu

# Od definicija prema razumijevanju: SVEMIR, KOZMOLOGIJA, GALAKSIJA

Svemir je sve što fizički postoji.

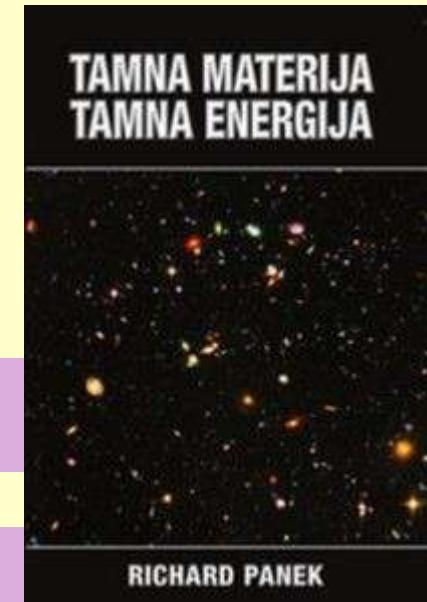
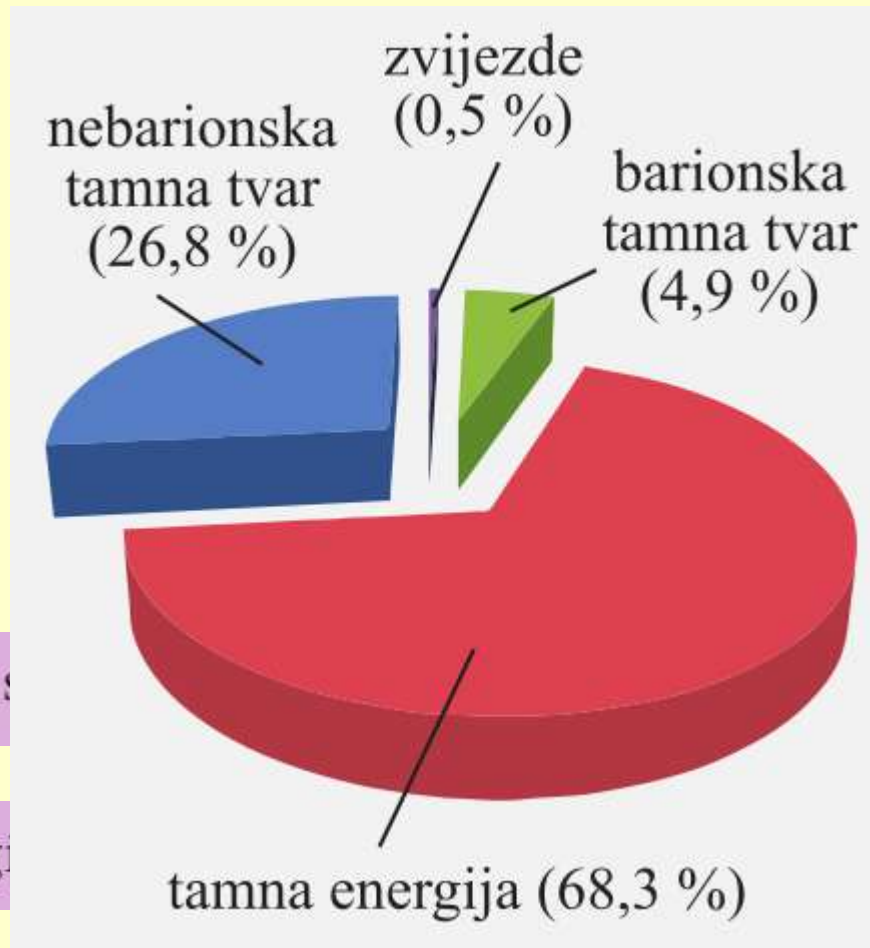
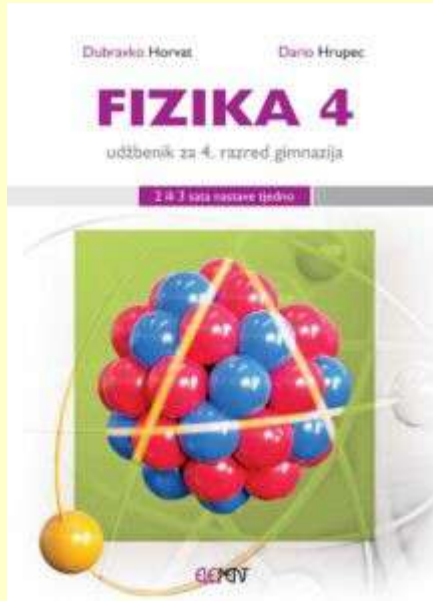
Kozmologija je znanost o razvoju svemira.

Galaksija je veliki skup zvijezda, međuzvjezdane tvari i tamne tvari koje na okupu drži gravitacija.



<https://dariohrupec.org/tekstovi/terminoloske-dvojbe-u-astronomskom-nazivlju/>

# Od definicija prema razumijevanju: SVEMIR, KOZMOLOGIJA, GALAKSIJA

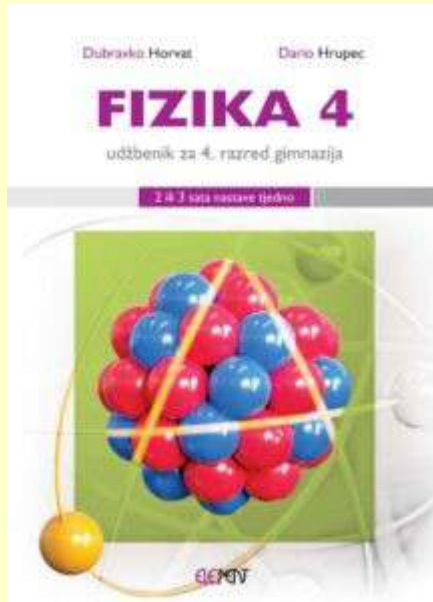


Svemir je s

Kozmolog

Galaksija je veliki skup zvijezda, međuzvjezdane tvari i tamne tvari koje na okupu drži gravitacija.

# Od definicija prema razumijevanju: SVEMIR, KOZMOLOGIJA, GALAKSIJA



## lambda-CDM

standardni **model** kozmologije velikog praska

Svemir je sve što fizički postoji.

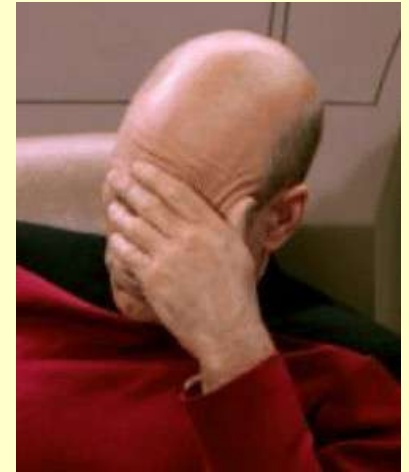
Kozmologija je znanost o razvoju svemira.

Galaksija je veliki skup zvijezda, međuzvjezdane tvari i tamne tvari koje na okupu drži gravitacija.

“samo jedan model”

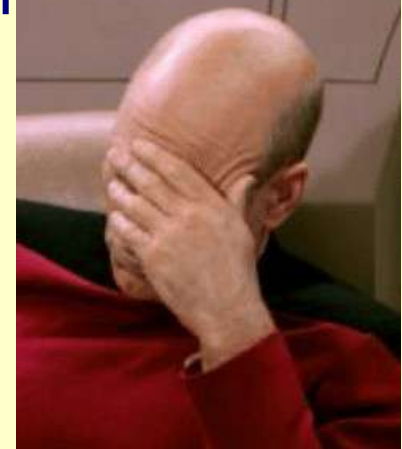
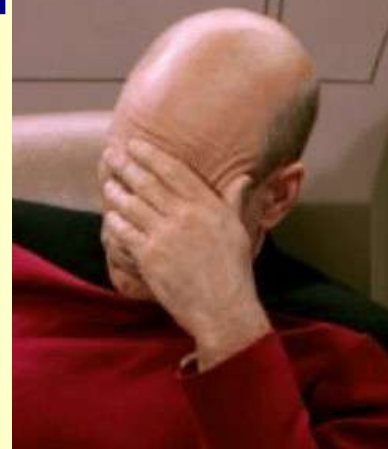
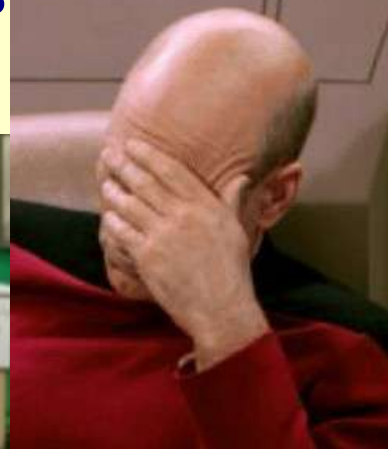
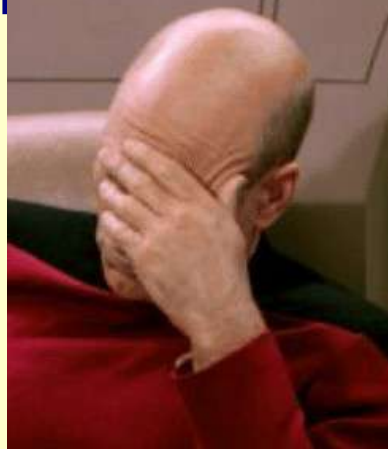
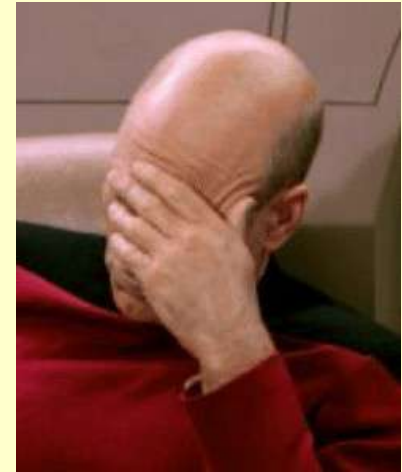
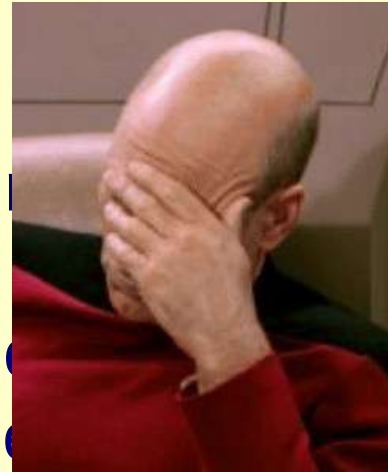
# “samo jedan model”

"...[veliki prasak] je samo jedan model,  
to nije nužno istina...  
to je ono što takozvani nevjernici pričaju...  
oni koji vjeruju u veliki prasak i evoluciju...  
hipnotizirani i ostali hipnotizirani u takozvanom boljševizmu..."





# “samo jedan model”



“... [ak] an  
to isti  
to ake rnic  
o u u k i  
h...  
n...  
ost...  
an...  
om...  
...”

# “samo jedan model”

Je li veliki prasak model?

**DA**

Postoje li drugi modeli razvoja svemira?

**DA**

Pa u čemu je onda problem?

# “samo jedan model”

Je li veliki prasak model?

**DA**

**ali... sve je u fizici model**

Postoje li drugi modeli razvoja svemira?

**DA**

**ali... uvijek postoje drugi modeli**

**ali... veliki prasak je najbolji model**

# Što je uopće teorija/model?

dosljedni skup ideja  
koji objašnjava skup činjenica i  
koji je izdržao *opovrgljiva* predviđanja

činjenica – svakome dostupno empirijsko opažanje

# Veza modela s hipotezom i sa zakonom

**hipoteza → teorija/model → zakon**

hipoteza – zamišljena ali provjerljiva spekulacija koja bi mogla objasniti neke činjenice

zakon – teorija/model koji je izdržao nebrojene nemilosrdne provjere

# Znanstveni modeli & ideologija

Jedino se veliki prasak i biološku evoluciju pokušava diskreditirati argumentom “to je samo model/teorija”

Zajednički im je nazivnik **postanak** (svijeta odnosno života) iako se, strogo govoreći, ne odnose na sam postanak nego na razvoj (od postanka do danas)

A pitanje postanka zadire u svjetonazor i nekim ljudima stvara nelagodu.

<https://dariorupec.org/tekstovi/svijet-je-jedan-priroda-je-sve-sto-postoji-nema-nicega-drugog/>

# 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



# Matematičko polazište za kozmološke teorije

opća teorija relativnosti

Einstein, 1915.

masaenergija zakrivljuje prostorvrijeme

ubrzano širenje svemira, gravitacijski valovi, crne rupe



# Matematičko polazište za kozmološke teorije

opća teorija relativnosti

Einstein, 1915.

masaenergija zakrivljuje prostorvrijeme

ubrzano širenje svemira, gravitacijski valovi, crne rupe

Nobelova nagrada za fiziku za **2011**.

Saul Perlmutter, Brian Schmidt, Adam Riess

"za otkriće ubranog širenja svemira kroz opažanja dalekih supernova"

<https://dariohrupec.org/tekstovi/prikaz-knjige-richard-panek-tamna-materija-tamna-energija/>

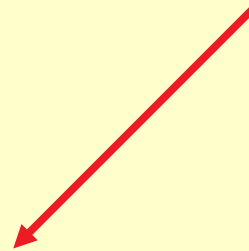
# Matematičko polazište za kozmološke teorije

opća teorija relativnosti

Einstein, 1915.

masaenergija zakrivljuje prostorvrijeme

ubrzano širenje svemira, gravitacijski valovi, crne rupe



Nobelova nagrada za fiziku za **2017**.

Rainer Weiss, Kip Thorne, Barry Barish

"za ključne doprinose detektoru LIGO te za opažanje gravitacijskih valova"

<https://dariohrupec.org/tekstovi/tri-jahaca-gravitacijskih-valova/>

# Matematičko polazište za kozmološke teorije



opća teorija relativnosti

Einstein, 1915.

masaenergija zakrivljuje prostorvrijeme

ubrzano širenje svemira, gravitacijski valovi, crne rupe

Nobelova nagrada za fiziku za **2019**.

Jim Peebles, Michel Mayor, Didier Queloz

"teorijska otkrića u fizičkoj kozmologiji" i "za otkriće ekstrasolarnog planeta u orbiti zvijezde slične Suncu"

<https://dariohrupec.org/tekstovi/nobelova-nagrada-za-fiziku-za-2019-godinu-razvoj-svemira-i-polozaj-zemlje-u-svemiru/>

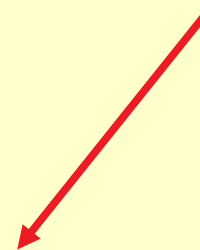
# Matematičko polazište za kozmološke teorije

opća teorija relativnosti

Einstein, 1915.

masaenergija zakrivljuje prostorvrijeme

ubrzano širenje svemira, gravitacijski valovi, crne rupe



Nobelova nagrada za fiziku za **2020**.

Roger Penrose, Reinhard Genzel, Andrea Ghez

"za otkriće da je nastanak crnih rupa predviđen općom teorijom relativnosti" i "za otkriće supermasivnog kompaktnog objekta u središtu naše galaksije"

<https://dariohrupec.org/tekstovi/nobelova-nagrada-za-fiziku-2020/>

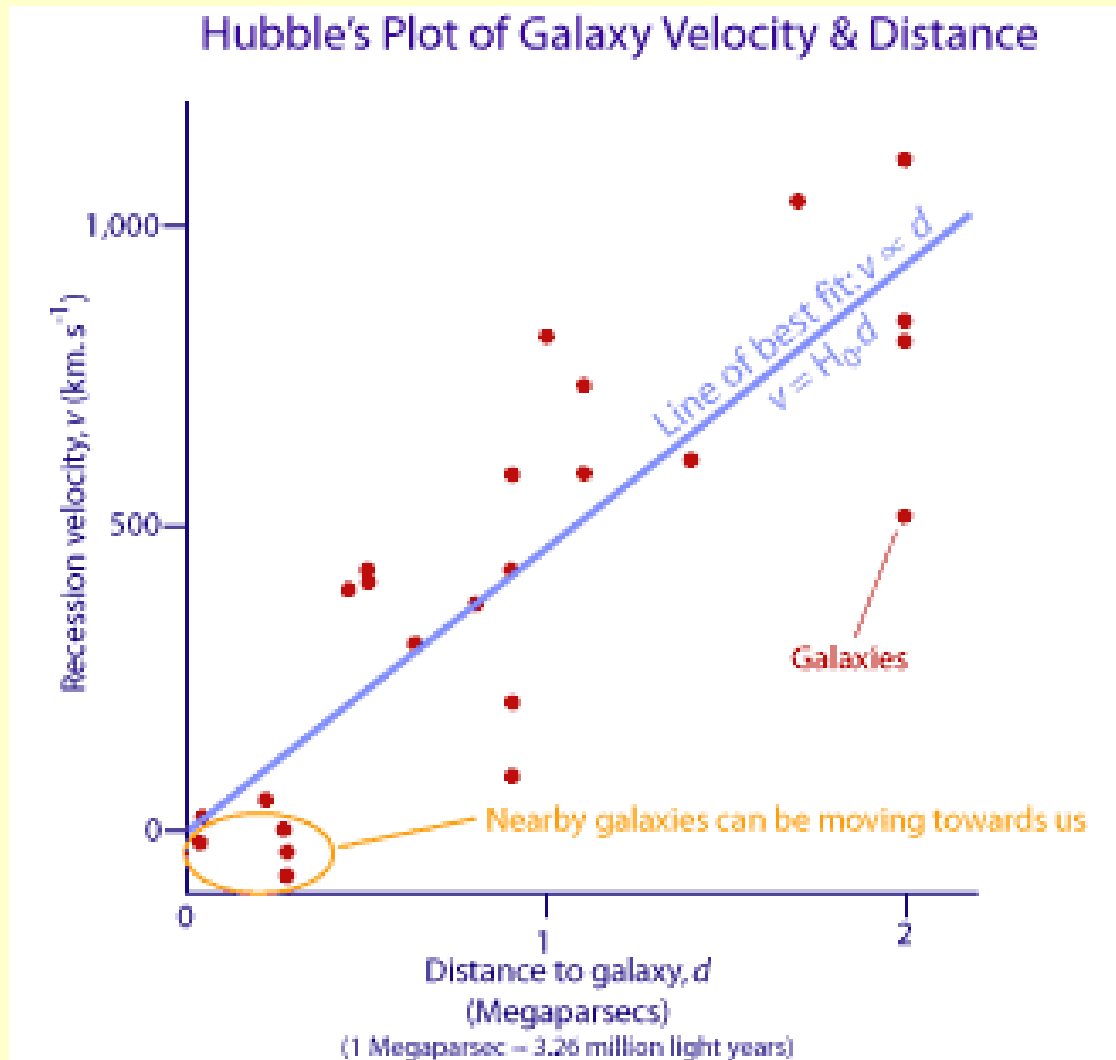
# Pretpostavke za model velikog praska

- (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

- (1) širenje svemira
- (2) vruće, gusto stanje **u početku**
- (3) nastanak lakih elemenata u ranoj fazi razvoja svemira  
(primordijalna nukleosinteza)
- (4) postojanje kozmičkog mikrovalnog pozadinskog zračenja

# Potvrde modela velikog praska: (1) udaljavanje galaksija

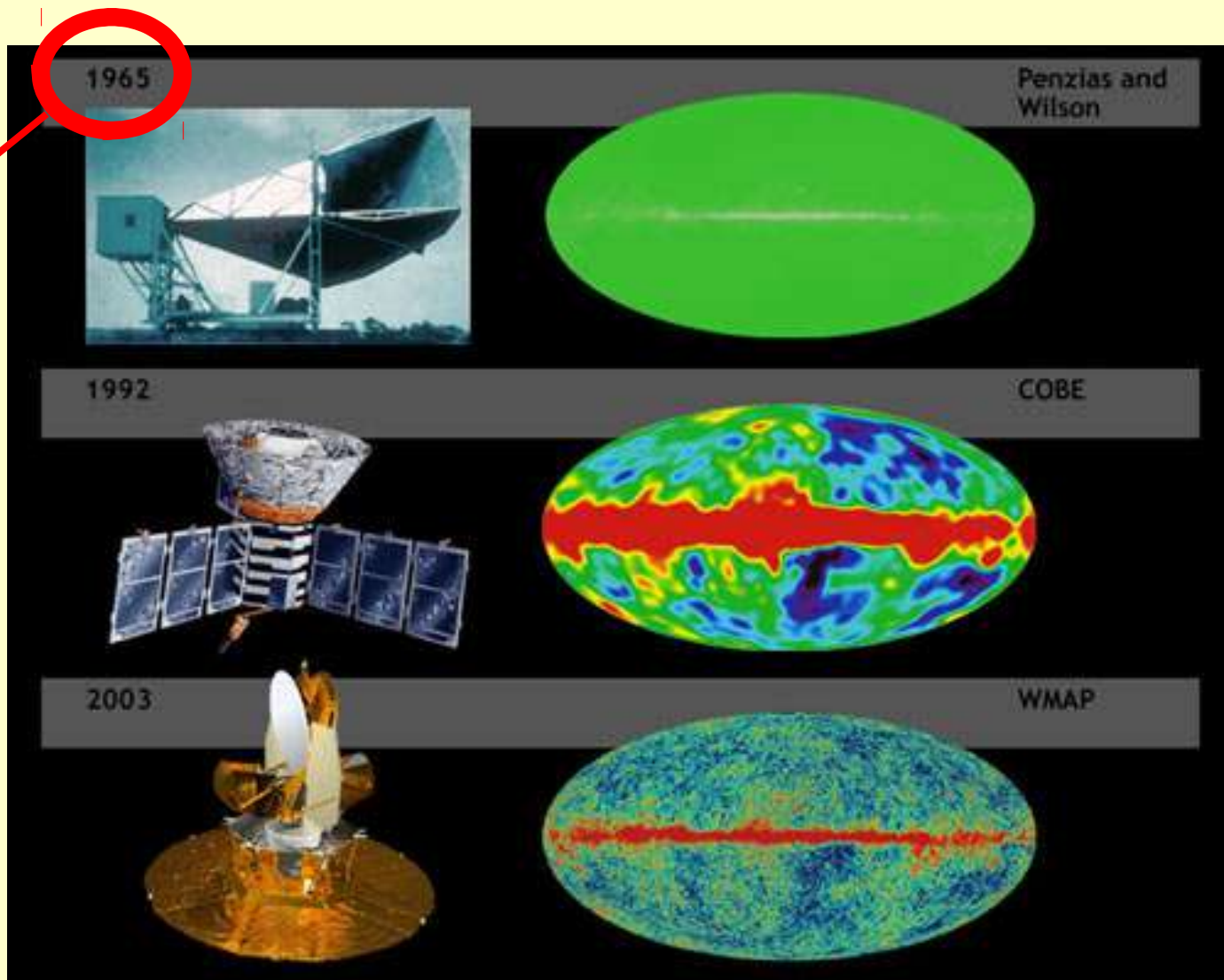


$$v = H_0 d$$

$$H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$$

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

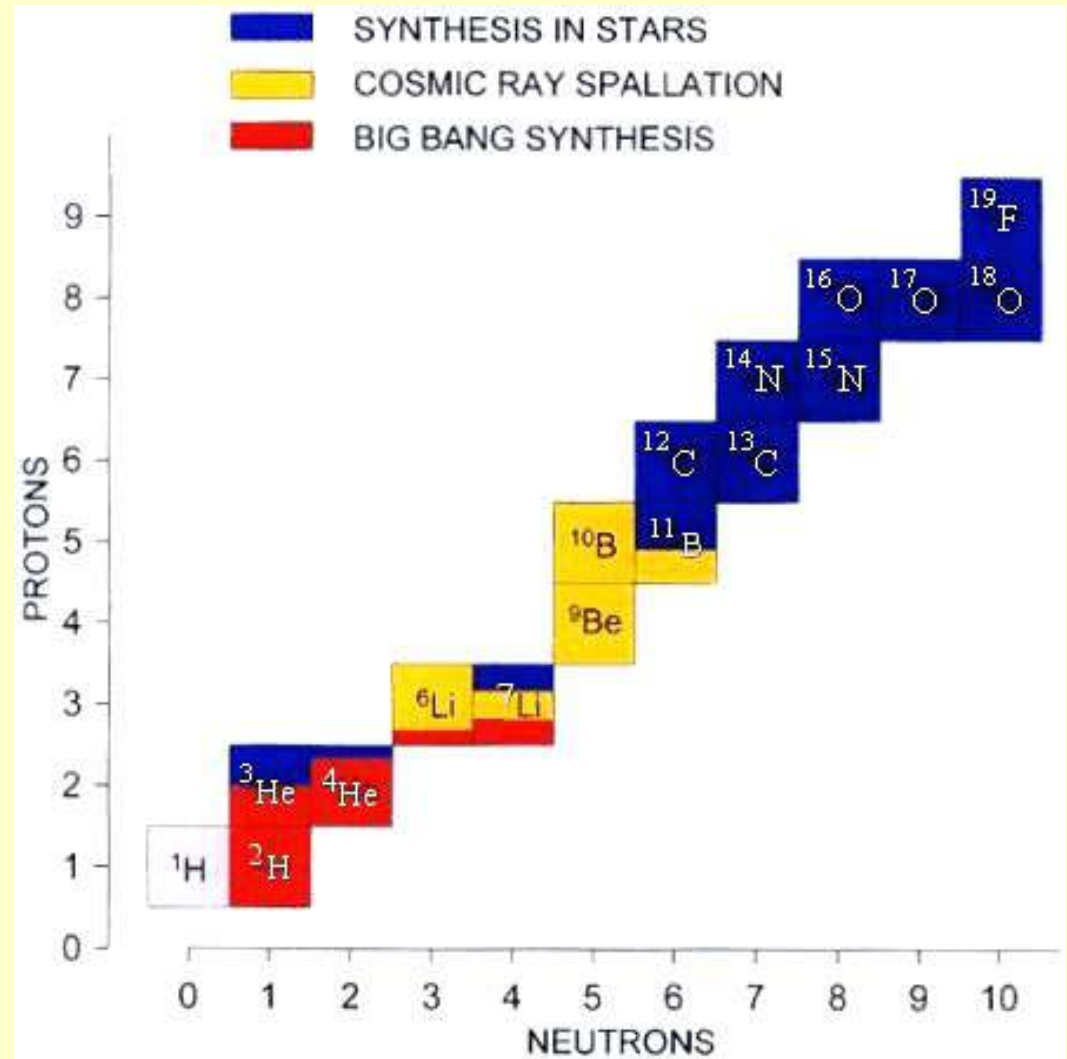
kozmiologija  
postaje znanost





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

astronomska opažanja  
H, D,  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$ ,  $^7\text{Li}$   
u dalekim oblacima  
primordijalnog plina  
**potvrdila** su proračune  
modela velikog praska

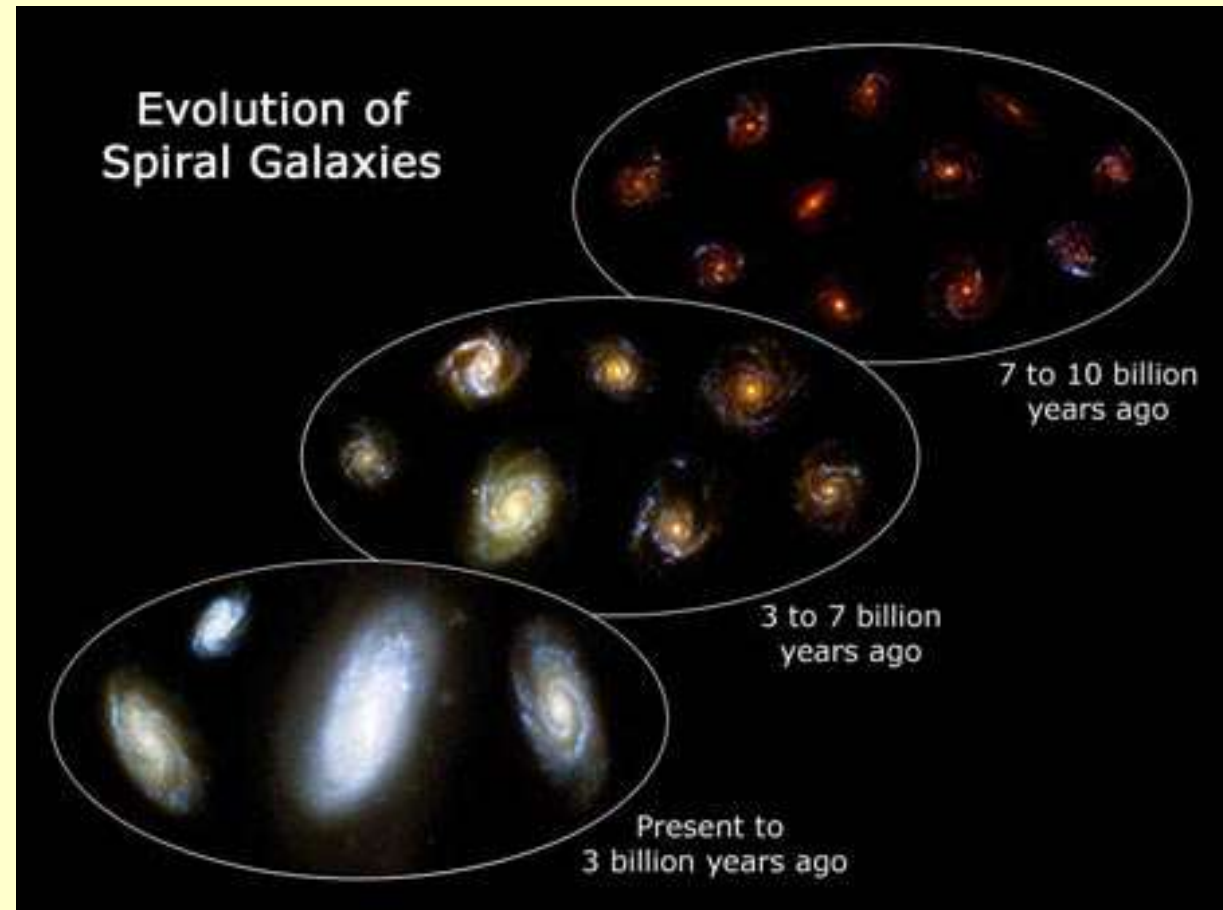


# Potvrde modela velikog praska: (4) razvoj izvangalaktičkih objekata

$C = \text{konst}$



“dalje” == “ranije”



# https://dariohrupec.org/

DARIO HRUPEC

[Članci](#) [Knjige](#) [Predavanja](#) [O meni](#) [Kontakt](#) EN

Pretraži



ZADNJI ČLANAK »

Razumijevanje složenih sustava: Nobelova nagrada za fiziku za 2021. godinu (29/12/2021)

ZADNJA KNJIGA »

Einstein: Njegov život, njegov svemir (06/11/2021)

ZADNJE PREDAVANJE »

Iskustva s opservatorija na La Palmi (09/02/2022)



Dario Hrupec docent je fizike na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, gdje predaje *Znanost u svakodnevnom životu*, *Linux za fizičare*, *Uvod u astročestičnu fiziku*, *Fiziku*, *Računalnu fiziku*, *Specijalnu i opću teoriju relativnosti* te *Uvod u astronomiju i astrofiziku*. Znanstveni mu interesi uključuju: astročestičnu fiziku, visokoenergijsku gama-astronomiju, Čerenkovljeve teleskope i numeričke simulacije. Autor je niza znanstveno-popularizacijskih članaka, popularizacijskih knjiga iz fizike i astronomije te udžbenika fizike. Također je prevoditelj, stručni redaktor i recenzent znanstvenih knjiga, predavač i organizator niza javnih predavanja [Priroda uživo](#)