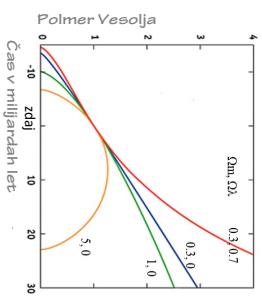


Razvoj polmera Vesolja po raznih kozmoloških modelih za različne vrednosti parametrov Ω_M , gostote snovi, in Ω_ν , gostote energije Vesolja. Razvoj Vesolja je povezan z vrednostjo $\Omega = \Omega_M + \Omega_\nu$.

Če je $\Omega = 5$, se bo Vesolje ponovno zbralo v Velikem stisku (rumena krivulja). Če ima Vesolje ničelno ($\Omega = 1$) ali negativno ($\Omega = 0,3$) ukrivljenost, se bo širjenje nadaljevalo neskončno (zeleni in modri krivulji).

Trenutna opazovanja vodijo do rdeče krivulje. Ukrivljenost je enaka nuli in širjenje se pospešuje.



Kozmološka konstanta

Leta 1915 je Albert Einstein objavil enačbe splošne teorije relativnosti, ki povezujejo geometrijo Vesolja s količino snovi in energije, ki ju vsebuje. Da bi se Vesolje obržalo statično (kar se je takrat verjelo), je dodal člen, imenovan kozmološka konstanta, Λ . Ko je leta 1929 postal jasno, da se Vesolje širi, je Einstein izjavil, da je uvedba Λ največja napaka njegovega življenja. Večji del 20. stoletja je bil Λ zanemarjen. Toda leta 1998 sta dve skupini opazovalcev z uporabo supernov tipa Ia, ki so boljše kazalniki razdalj kot kefeide, odkrili, da se širjenje Vesolja pospešuje. Leta 2011 so prejeli Nobelovo nagrado.

Obzorje vidnega Vesolja.

Vsi opazovalci so v središču krogle, ki predstavlja njihovo vidno Vesolje. Ne morejo opazovati dlje kot to obzorje. Galaksije, ki morajo obstajati onkraj tega obzorja, še niso imele časa komunicirati z opazovalci, ker njihovi fotoni, ki potujejo s svetlobno hitrostjo, niso imeli dovolj časa, da bi dosegli opazovalce.



Vsi ste tukaj, v središču vidnega Vesolja

Prasevanje

Zaradi širjenja se Vesolje ohlaja. Danes je njegova temperatura le 3 stopinje nad absolutno ničlo (3 K ali -270 °C). Vesolje je obito z sevanjem te temperature, ki je ostanek prapoka.

To sevanje sta leta 1965 po naključju odkrila radioastronoma Arno Penzias in Bob Wilson, ki sta delala na mikrovolnovih sprejemnikih.

Zainteresirana za šibek signal, ki je prihajal iz vseh smeri, sta se posvetovala z astrofizikom Robertom Dickejem in njegovimi kolegi, ki so predlagali, da gre za fosilno sevanje prapoka. Za to odkritje sta Penzias in Wilson leta 1978 prejela Nobelovo nagrado.



Penzias & Wilson

Veliki pok



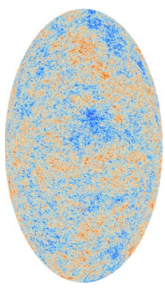
Fred Hoyle

Če se Vesolje širi, je nujno, da je bilo v začetku zelo gosto in zelo vroče. Astronom Fred Hoyle ni maral tega kozmološkega modela. Da bi se norčeval iz njega, ga je leta 1949 v oddaji BBC poimenoval Veliki pok (ali **prapok**). In to je ime, ki se je obdržalo.

Eden prvih argumentov v prapoku je leta 1948 predlagal George Gamow s svojim študentom Ralфом Alpherjem. Pokazala sta, da se lahko helij, devterij in litij tvorijo le pod ekstremnimi gostotnimi in temperaturnimi pogoji prapoka, v količinah, ki jih zdaj opazujemo v Vesolju.



G. Gamow



Kviz

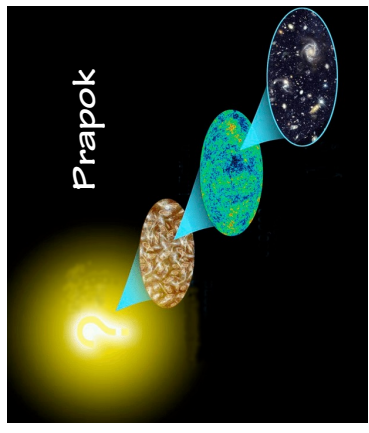


Katera od teh slik prikazuje fluktuacije kozmičnega ozadja?



Odgovor na naslednji strani

Vesolje v mojem žepu

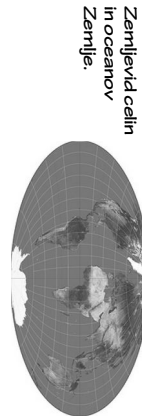
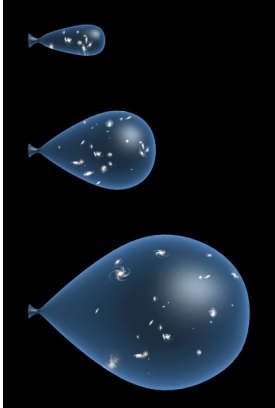


Françoise Combes
Pariski observatorij

* Glej TUMIP 10.

2

Vesolje je nekoliko podobno površini naphljujega se balona, na katerem bi bile narisane galaksije. Vsak opazovalec v kateri koli galaksiji ima vrtja, da se vse druge galaksije oddaljujejo s hitrostjo, sorazmerno z njihovo oddaljenostjo. Leta 1915 je Vesto Slipher preučeval spektre spiralnih meglic in odkril, da večina izmed njih kaže rdečo premaknjeno spektralne črte, kar kaže na to, da se oddaljujejo od Zemlje *. To je bil prvi dokaz – takrat še ne priznan – širjenja Vesolja (glej nasprotno stran).



Zemljevid celin in oceanov Zemlje.



Optična slika galaksije Andromede M31



Fluktuacije kozmičnega ozadja

Odgovori

Prevod: Jérôme Novak
TUMIP Creative Commons



Če želite izvedeti več o tej seriji in temah, predstavljanih v tej knjžici, obiščite <http://www.tumip.org>

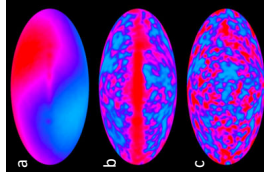


3

Kako so nastale galaksije? Pred sto leti se je o tem malo vedelo, niti to ali obstajajo galaksije poleg naše. Rimske ceste. Leta 1908 je Heintert Laavrt dokazala, da je pri ketalah - vrsti zvezd s spreminljivim izsevom - časovni interval med dvema zaporednima maksimumoma povezan z izsevom. Ko je leta 1925 Edwin Hubble identitikal ketalce v **spiralnih meglicah**, je zato lahko ocenil njihove razdalje in dokazal, da so zunaj Rimske ceste. Spiralne meglice se od takrat imenujejo **galaksije**.

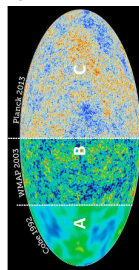
Leta 1927 je Georges Lematre razumel, da je »beg« galaksij posledica širjenja prostora. Leta 1929 je Hubble vzpostavil razmerje med razdaljo in hitrostjo oddaljitav galaksij. To ključno razmerje, ki se je sprva imenovalo Hubbleov zakon, je bilo leta 2018 preimenovano v zakon Hubble-Lematre.

Širjenje Vesolja



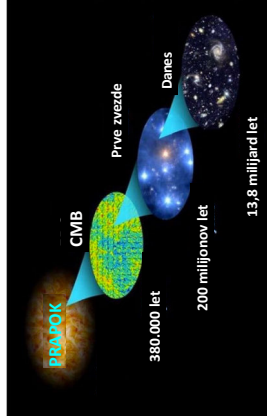
Zemljevid mikrovalovnega sevanja, pridobljen s satelitom COBE
a: po odšetju enotnega dela kozmičnega mikrovalovnega ozadja (CMB)
b: po korekciji celotnega učinka zaradi gibanja naše Galaksije glede na CMB, c: po odetranitvi sevanja Rimske ceste in bližnjih galaksij

končno odkrijemo majhne fluktuacije CMB (1/100.000 amplitudne vrednosti). Torej stanje Vesolja med rekombinacijo. Mikrovvalovno ozadje, ki ga je COBE opazil leta 1992 (A), WMAP leta 2003 (B) in satelit Planck, ki sta ga lansirala NASA in ESA leta 2013 (C).



Vsak satelit razkriva več podrobnosti.

6



Poenostavljena zgodovina Vesolja:

- V prvih minutah: prapok ter nastanek osnovnih delcev in sevanja.
- Po 380.000 letih: rekombinacija protonov in elektronov v vodilkove atome.
- Po 200 milijonih let: nastanek prvih zvezd v prvih galaksijah in postopna reionizacija Vesolja.
- Končno, do danes: preobrazba galaksij s spajanjem manjših galaksij.

10

Temna energija

Zaradi gravitacijske privlačnosti vse snovi v Vesolju naj bi se širjenje upočasnjevalo.

Če se širjenje pospešuje, kot zdaj menimo, to pomeni, da obstaja še ena komponenta, ki povzroča odbojno silo. To je vloga, ki jo igra kozmološka konstanta. Ta komponenta se imenuje **temna energija**. To bi omogočilo združiti vse opazovanja med seboj, kot sta ukrivljenost in starost Vesolja (ki ne more biti manjša od starosti najstarejših zvezd). Narava te temne energije še ostaja neznana.

Zgodovina Vesolja, kot jo poznamo danes, je opisana na str. 10, njegova usoda pa je shematizirana na str. 8.

Primarne fluktuacije

Praseevanje iz prapoka, ki se je zaradi širjenja ohladilo na 3 Kelvine, je bilo oddano, ko je bilo Vesolje še gosto in vroče, 380.000 let po prapoku. Takrat so Vesolje prečkali valovi, ki so pustili svoj pečat na kozmičnem mikrovalovnem ozadju. To so **primarne fluktuacije** – semena galaksij (glej stran 6).

Ko je temperatura Vesolja padla pod 3000 K, so se protoni rekombinirali z elektroni in tvorili atome vodika. Statistični študiji fluktuacij kažejo, da Vesolje vsebuje 5 % barionov (snov, kot jo poznamo), 25 % **temne snovi** in 70 % **temne energije**. Prav tako kažejo, da Vesolje geometrijsko ni ukrivljeno in da od prapoka minilo 13,8 milijard let.

7