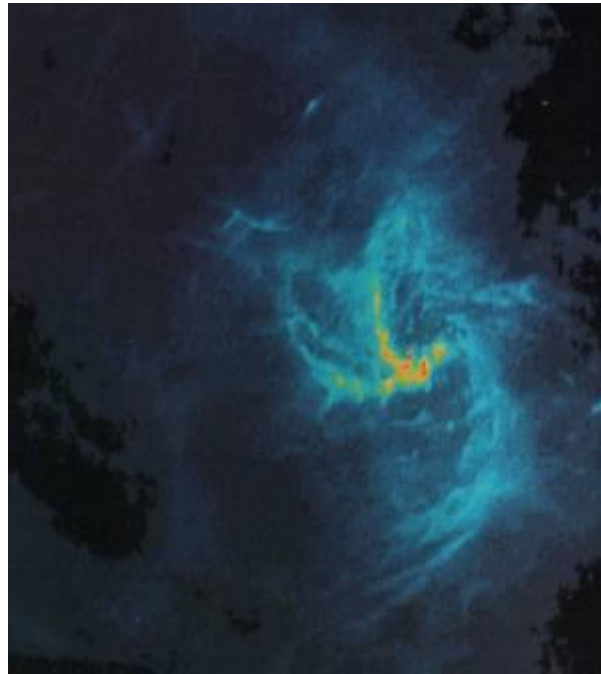


Prof. dr. Marko Uršič

Poglavja iz sodobne kozmologije

Delovno gradivo za predmet Filozofija narave – kozmologija

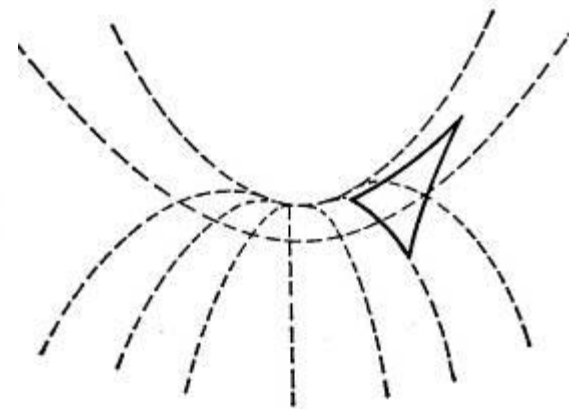
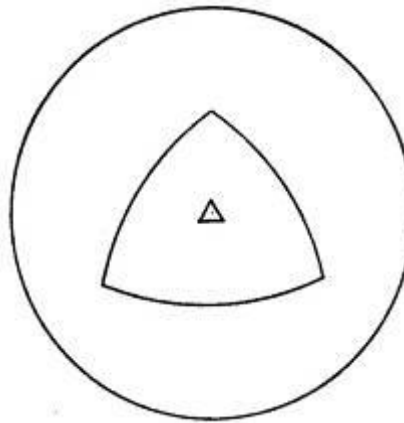
Filozofska fakulteta, 2008 ... 2011 ...





Albert
Einstein
(1879-1955)

$$G_{\mu\nu} = 8\pi T_{\mu\nu}$$



- Einstein je s svojo splošno teorijo relativnosti (1915) postavil teoretski temelj sodobni kozmologiji kot znanosti o celoti vesolja.
- Z “enačbami polja” (glavno enačbo glej *zgoraj*) je izrazil soodvisnost med prostorom-časom na eni strani (G) in maso in/ali energijo (saj velja: $E = mc^2$) na drugi (T).
- Einsteinove enačbe polja veljajo tako lokalno (za posamezne regije prostora-časa, npr. za zvezde, črne luknje, galaksije itd.), kakor tudi globalno (za celoto vesolja).
- Ob tem se zastavlja vprašanje: kakšna je globalna (celostna) geometrija vesolja?
- Einstein je leta 1917 postavil “idealni” statični model vesolja s sferično Riemannovo geometrijo, v katerega je kot “protiutež” gravitaciji (oz. ukrivljenosti prostora) vključil kozmoško konstanto Λ (lambda). Pozneje (1931) je zaradi Hubblovega odkritja raztezanja vesolja opustil statični model in rekel, da je bila uvedba kozmoške konstante njegova “največja zmot” – dandanes pa jo nekateri kozmologi spet uvajajo (zaradi odkritja, da se vesolje razteza pospešeno).

Sferični Riemannov prostor in Einsteinov »znova odkriti finitizem«

Nemški filozof-kozmozolog Bernulf Kanitscheider je zapisal o prvem Einsteinovem kozmološkem modelu (1917) tole zanimivo misel:

»...ta model je pokazal, da je možna konsistentna obravnava kozmološkega problema, da je mogoče kljub vezanosti opazovalca na točko, s katere opazuje, racionalno in izkustveno odločljivo ugotoviti, kakšna je vesoljna razporeditev materije in njej pripadajoči prostor-čas. Posebne pozornosti pri tem modelu je seveda vredna ponovna oživitev finitizma. Toda končnost tega sveta ni preprosto zvedljiva na vrnitev k finitističnim mislim iz srednjeveške slike vesolja, ki so jo oblikovali Aristotel, Ptolemej in Dante in pri kateri je bil središčni položaj Zemlje obdan z nebesnim obokom zvezd stalnic. V Einsteinovem svetu je uresničena Riemannova zamisel združitve končnosti in brezmejnosti. Drugače kot v srednjeveških predstavah ima ta svet sicer končno prostornino [*Rauminhalt*], vendar nima nobenih zunanjih meja. Vsako točko v njem lahko smatramo za središčno točko in nikjer ne dospemo do roba, kjer bi lahko stegnili roko skozi kako mejo v 'zunanost'.«

(Kanitscheider, *Kosmologie*, 1991, str. 156; cit. v: Uršič, *O pračudežu*, 2001)

Trije “globalno” homogeni prostori:

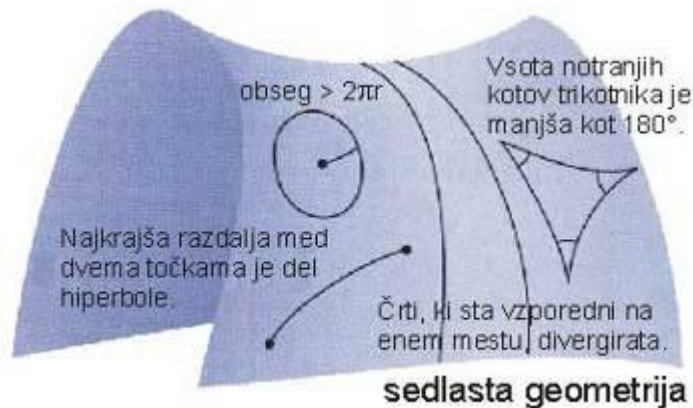
ravni (evklidski), sferični (Riemannov) in “psevdosferični” (homogeno hiperbolični) prostor



ravna evklidska geometrija



sferična geometrija

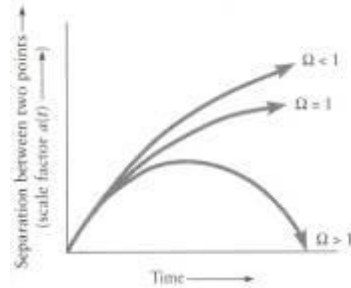


sedlasta geometrija

Po Einsteinovi splošni teoriji relativnosti pomeni homogenost fizikalnega prostora isto kot homogena razporeditev snovi (mase in/ali energije) v njem.

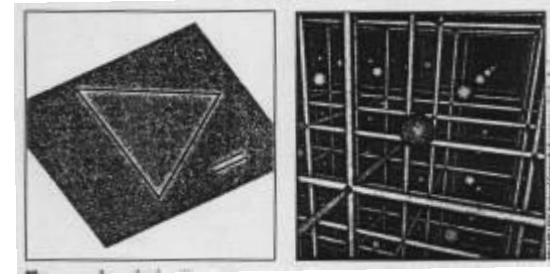


Aleksander
Friedmann
(1888-1925)

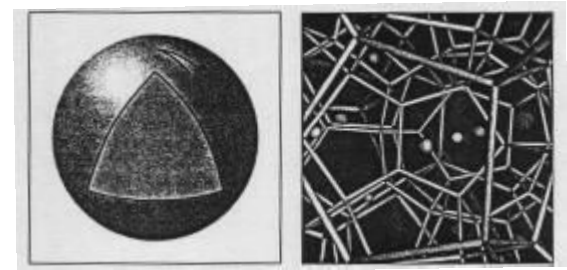


- Ruski matematik Friedmann je leta 1922 odkril takšne rešitve Einsteinovih “enačb polja”, pri katerih se (vesoljni) prostor v času razteza – in s tem predvidel “dinamične” modele vesolja.
- Razvoj vesolja (*slika zgoraj*) in tudi “optika” videnja objektov v njem (*slika desno*) sta v teh modelih - katerih metriko sta dopolnila Robertson in Walker, 1935 - odvisna od razmerja (Ω) med dejansko in “kritično” povprečno gostoto vesolja. Kot kaže, je vesolje znotraj našega horizonta “ravno” ($\Omega = 1$).
- Trije FRW-modeli so “idealni” v tem smislu, da:
 - 1) predpostavljajo globalno homogenost vesolja;
 - 2) da je v njih “kozmoška konstanta” (Einstein, 1917) enaka nič. Najnovejše meritve (od 1998 dalje) “geometrije vesolja” s pomočjo supernov pa kažejo, da (2) verjetno ne drži, a tudi (1) je zgolj induktivna generalizacija, ki ima znotraj našega horizonta podporo v izotropiji “prasevanja”.

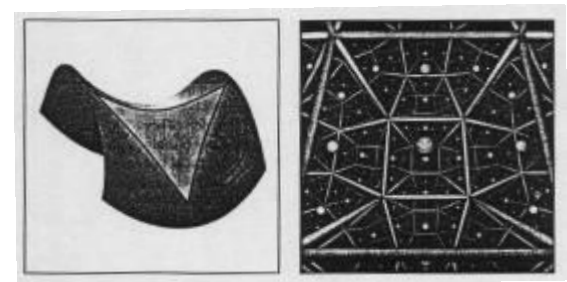
- “evklidski kozmos” ($\Omega = 1$)



- “sferični kozmos” ($\Omega > 1$)



- “hiperbolični kozmos” ($\Omega < 1$)



Vir slik: *Scientific American*, 1999.

Odkritje drugih galaksij - Andromeda (M 31) je “dvojčica” naše Galaksije



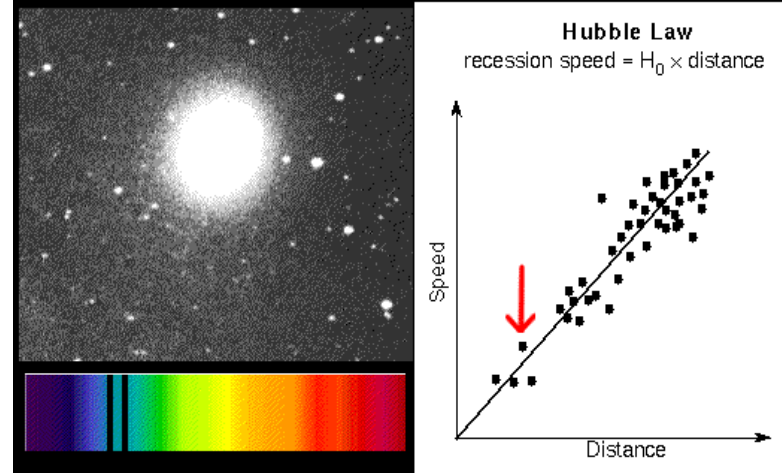
Naša lastna Galaksija, Mlečna cesta, kakor jo vidimo v infrardeči svetlobi (slika je mozaično sestavljena, vir. Spika, 2004).

- Velika spiralna galaksija M 31 v ozvezdju Andromede je kot “meglica” (nebula) vidna tudi prostim očesom, vendar so dokazali, da je druga galaksija, šele v 20. st.
- Ta “dvojčica” naše Mlečne/Rimske ceste je od nas oddaljena približno 2,3 milijona svetlobnih let (SL) in v premeru (tako kot naša) meri več kot 100.000 SL, v njej pa je več kot 100 milijard zvezd. Ob njej vidimo dve manjši “satelitski” galaksiji, zvezde v ospredju pa so v naši lastni.
- Znotraj našega vesoljnega horizonta je več kot 100 milijard galaksij.



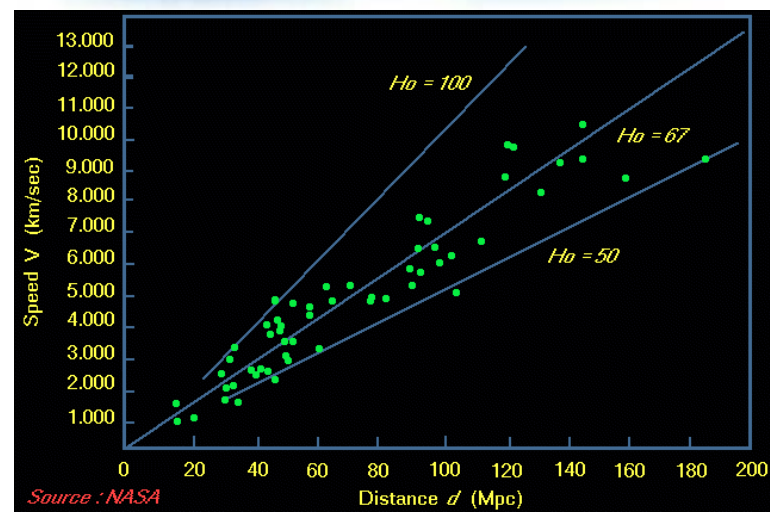
Edwin Hubble
(1889-1953)

Hubblev zakon (1929):
 $v = H_0 \cdot d$



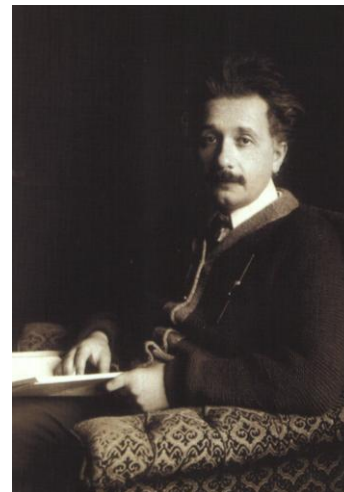
- Hubble je z opazovanjem oz. merjenjem spektralnih premikov svetlobe z drugih galaksij (*desno zgoraj*) odkril, da se vesolje razteza, tj. da se razdalje med galaksijami s časom povečujejo (*desno sredina*).
- To je izrazil s zakonom, ki se po njem imenuje Hubblev zakon (*zgoraj*): čim dlje je galaksija (d), tem hitreje (v) se oddaljuje od nas.
- Hitrost ("tempo") samega raztezanja je izražena s Hubblevo konstanto (H_0): čim večja je, tem hitreje se vesolje razteza (*desno spodaj*).
- Obratna vrednost Hubbleve konstante ($1/H_0$) je Hubblev čas, ki nam v izbranem kozmološkem modelu omogoča izračun starosti vesolja (sedanja ocena v modelu "ravnega" vesolja: 13-14 milijard let).

Vir slik: internet ("Edwin Hubble"), 2004

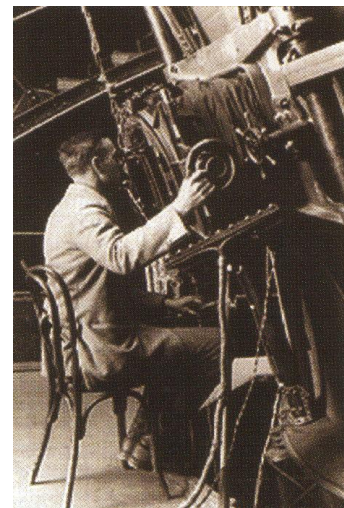


“Standardni” kozmološki model; raztezanje kot *prvo* kozmološko dejstvo

- Sodobni, “standardni” kozmološki model, splošno znan kot model “prapoka” (ali “velikega poka”, *Big Bang*), v katerem se vesolje razvija, se je začel oblikovati na osnovi:
 1. Einsteinove splošne teorije relativnosti (GTR, 1915) in Friedmannovih dinamičnih modelov prostora-časa (1922), slednje sta dopolnila Robertson in Walker (FRW-modeli); in
 2. Hubblevega odkritja raztezanja vesolja (rdeči premiki spektrov galaksij); to je *prvo kozmološko dejstvo*, ki ga je Hubble izrazil z zakonom:
$$v = H_0 \cdot d$$
 (Hubblev zakon, 1929).
- “Hubblev čas” ($1/H_0$), tj. obratna vrednost Hubbleve konstante (H_0), omogoča izračun starosti vesolja (v izbranem FRW-modelu vesoljnega prostora-časa). Starost vesolja v domnevno “ravnem” oz. evklidskem (kakor kažejo meritve) vesolju je ocenjena na 13 do 14 milijard let.



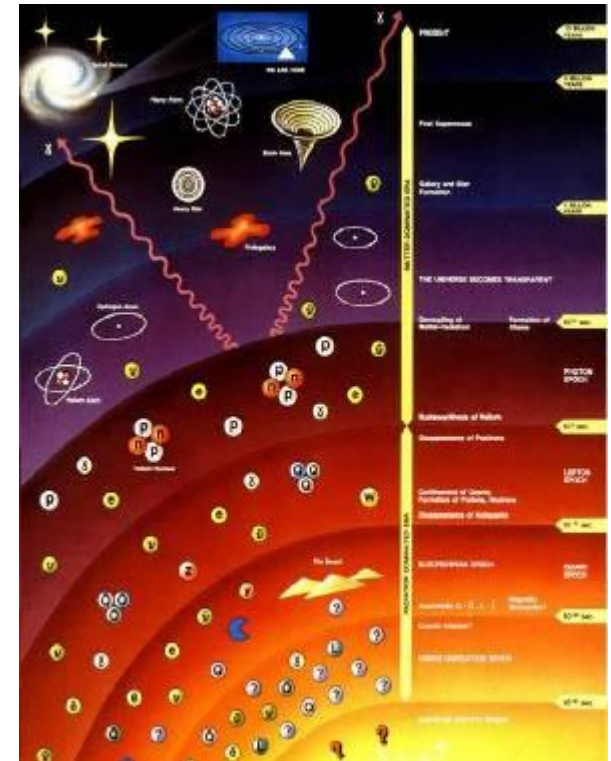
Albert Einstein,
1920



Edwin Hubble pri
teleskopu
na gori
Wilson,
1930

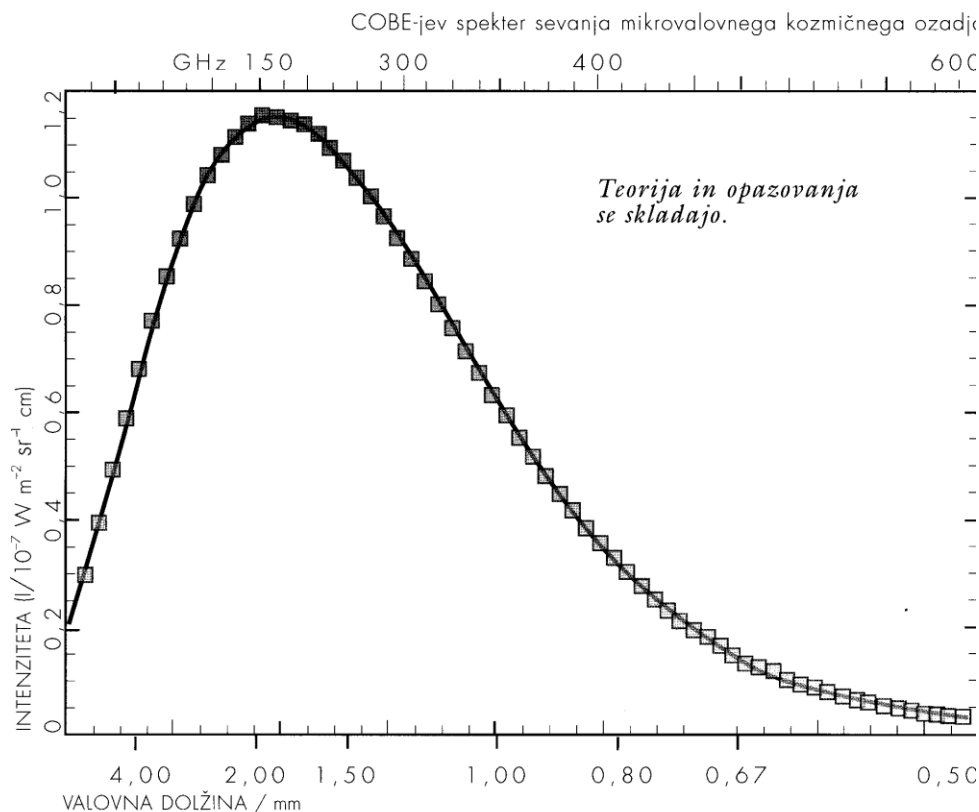
Drugo kozmološko dejstvo: razmerja med elementi

- Po standardnem modelu je vesolje na začetku, v “prvih treh minutah” (Steven Weinberg), silno gosto in vroče, je kakor “ognjena krogla”.
- Ko se ohlaja, se “lomijo simetrije” med štirimi osnovnimi fizikalnimi silami (že v prvi sekundi), iz sevanja se pod določenimi temperaturnimi pragi “strjujejo” elementarni delci, pozneje pa nastajajo še atomska jedra.
- V tem procesu nastane največ vodika ($\approx \frac{3}{4}$ vse snovi v vesolju) in helija ($\approx \frac{1}{4}$) – in to razmerje, ki ga predvideva teorija, je izkustveno potrjeno (z analizo spektrov svetlobe) kot *drugo kozmološko dejstvo* – vseh ostalih elementov pa je manj kot en odstotek in nastanejo pozneje, v središčih zvezd.



Tretje kozmološko dejstvo: izotropija in spekter prasevanja

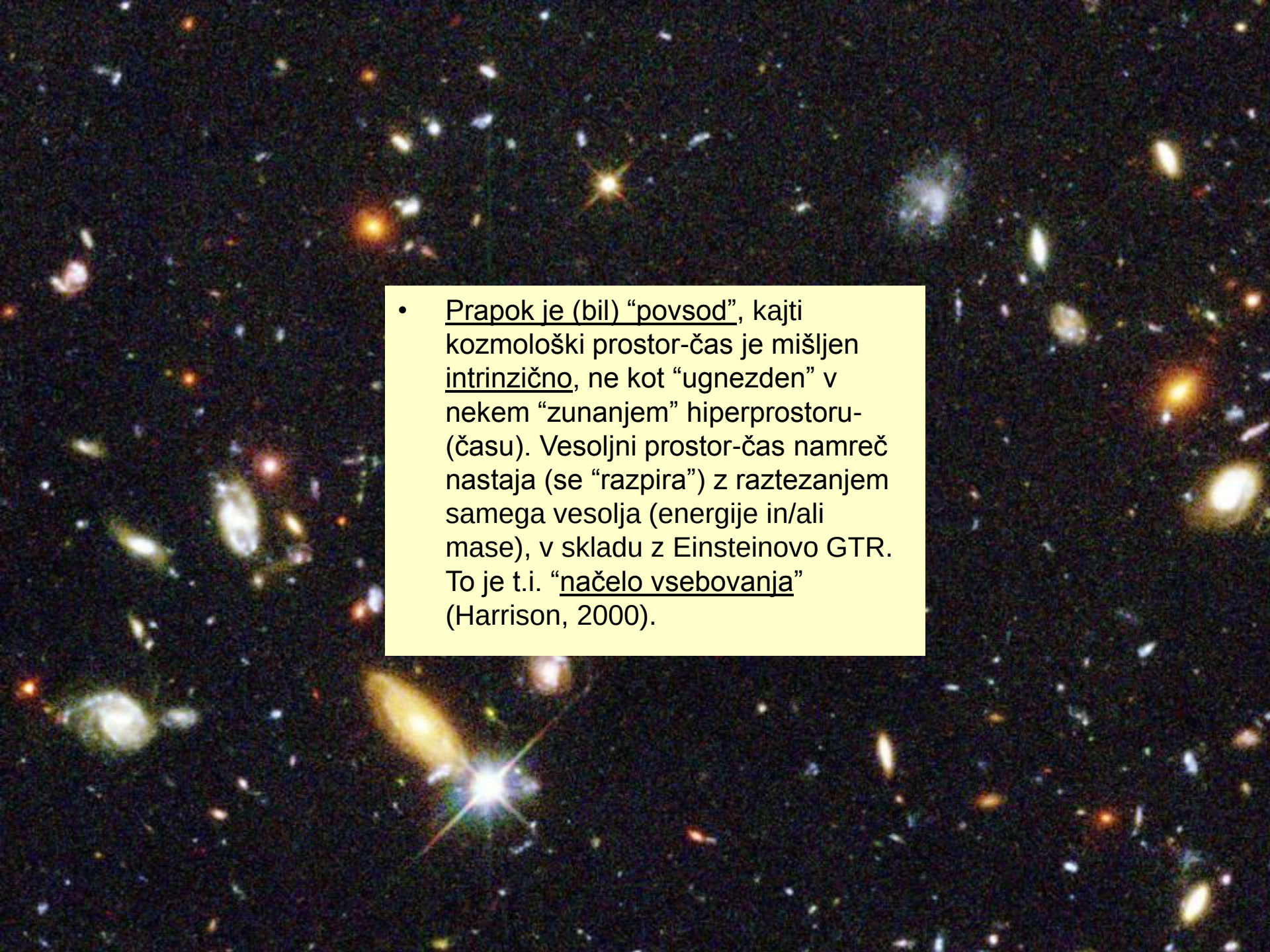
- Sled prapoka je “prasevanje” ali mikrovalovno sevanje “ozadja” (Penzias & Wilson, 1965), tj. elektromagnetno sevanje v mikrovalovnem delu spektra, ki je skoraj povsem izotropno (v vseh smereh enako), in to je *tretje kozmološko dejstvo*. Temperatura prasevanja v našem času znaša komaj 2,7 °K .



Graf prikazuje spekter sevanja mikrovalovnega kozmičnega ozadja (tj. “prasevanja”), kot ga je izmeril satelit COBE (1990) – to je bil najbolj prepričljiv argument, da je standardni kozmološki teoretski model “prapoka” res skladen z opazovanji.

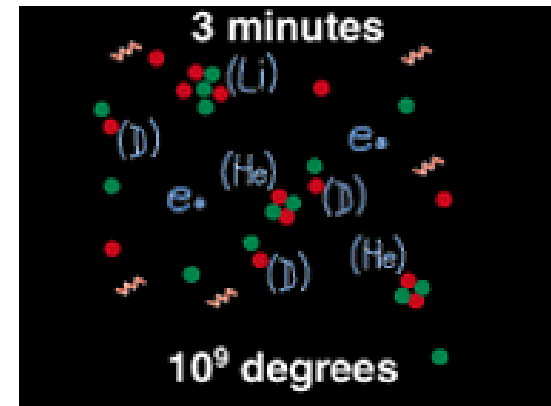
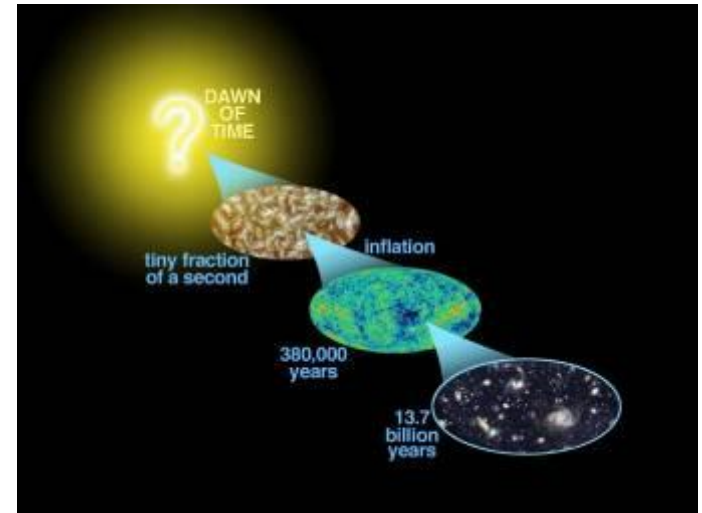
Spekter prasevanja, tj. porazdelitev njegove intenzitete po frekvencah, je značilen za sevanje “črnega telesa”; iz njegovega “termičnega ravnovesja” sklepamo, da se je sevanje mnogokrat sipalo na snovi – torej, da je bilo na začetku celotno vesolje homogena “ognjena krogla”, ki se s časom ohlaja.

(Povzeto po: Stephen Hawking, *Vesolje v orehovi lupini*, str. 38.)

- 
- Prapok je (bil) “povsod”, kajti kozmološki prostor-čas je mišljen intrinzično, ne kot “ugnezden” v nekem “zunanjem” hiperprostoru-(času). Vesoljni prostor-čas namreč nastaja (se “razpira”) z raztezanjem samega vesolja (energije in/ali mase), v skladu z Einsteinovo GTR. To je t.i. “načelo vsebovanja” (Harrison, 2000).

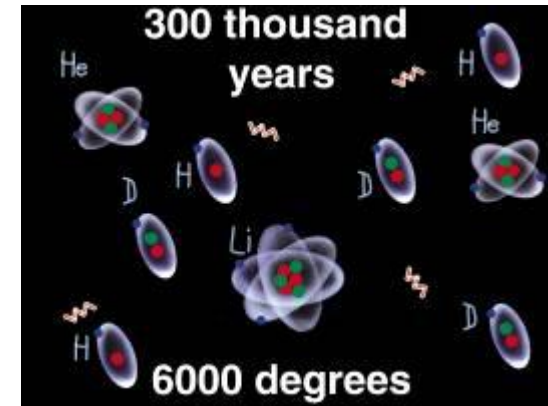
Sedem glavnih obdobjih kozmološkega časa. (1-3): prva sekunda

1. Prapok kot začetna "singularnost": pri času $t_K = 0$, temperaturi $T = \infty$, itd. ?
Planckov čas: $t_K = t_P = 10^{-43}$ s (pod to vrednostjo fizikalni čas sploh "ni definiran")
2. doba sevanja, do $t_K \approx 10^{-10}$ s : vesolje je zelo vroča, visokofrekvenčna "svetloba".
 - temperatura sevanja postopoma pada (ob Planckovem času je $T = 10^{31}$ °K)
 - lomi simetrijo med štirimi osnovnimi fizikalnimi silami ("mnoštvo iz enega")
 - napihnjenje (inflacija) vesolja pri $t_K \approx$ od 10^{-35} do 10^{-32} s (prve sekunde)
3. doba delcev, do $t_K \approx 10^{-3}$ s : nastajajo prvotni delci, čeprav sevanje še prevladuje
 - ostane presežek delcev (elektroni, nevtrini in kvarki) nad antidelci (pozitroni...)



Sedem glavnih obdobji kozmološkega časa. (4-6): milijoni in milijarde let

4. doba jeder, do $t_K \approx 300.000$ oziroma 3×10^5 let :
prevlada snov nad sevanjem
- nastajajo protoni oz. vodikova jedra (H), nevtroni, devterij (D) in helij (He)
 - “rekombinacija”, konec stanja plazme: pri $t_K \approx 3 \times 10^5$ let oz. pri $T < 6000$ °K postane vesolje transparentno za fotone, tj. svetlobo: sprosti se prasevanje
5. doba atomov, do $t_K \approx 1$ milijarde oziroma 10^9 let ;
vesolje ni več “ognjena krogla”
prevladujejo vodikovi ($\approx 3/4$) in helijevi ($\approx 1/4$) atomi, začnejo nastajati zvezde
6. doba galaksij, od $t_K \approx 1$ milijarde let (ali prej) do danes : galaksije, jate galaksij ...
na začetku je mnogo galaksij z “aktivnimi jedri”
(kvazarji → črne luknje)



... in še zadnja (7) doba kozmološkega časa – mi, zdaj in tu:

7. doba Sonca in Zemlje, od $t_k \approx 9$ milijard let do danes, do $t_k \approx 14$ milijard let
- Sonce je zvezda druge ali celo tretje “generacije” v naši Galaksiji, Mlečni cesti
 - nastanek življenja na Zemlji ($t_k \approx 10$ milijard let), vse do vrste *homo sapiens*
 - človeška zavest je doslej edini znani razumni “opazovalec” vesolja (več o tem → “antropično načelo”)
 - kultura in zgodovina : če bi celoten dosednji kozmološki čas ($t_k \approx 14$ milijard let) primerjali z enim samim dnevom, bi zgodovinski čas človeštva (≈ 5000 let) obsegal komaj tri stotine zadnje sekunde pred polnočjo!



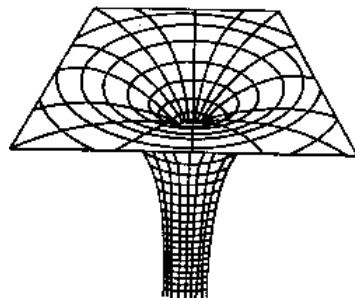
Glavni teoretski problem sodobnega kozmološkega modela: neusklajenost teorije relativnosti in kvantne mehanike

- V standardnem kozmološkem modelu nastopata Einsteinova teorija gravitacije (GTR) in kvantna mehanika, ki pa (še) nista teoretsko kompatibilni –
- Med drugim je *tudi* to razlog, da je sam prapok v strogem pomenu le domneven (kot “singularnost?”), saj se znanstvena razlaga konča pri Planckovem času, pri 10^{-43} s.



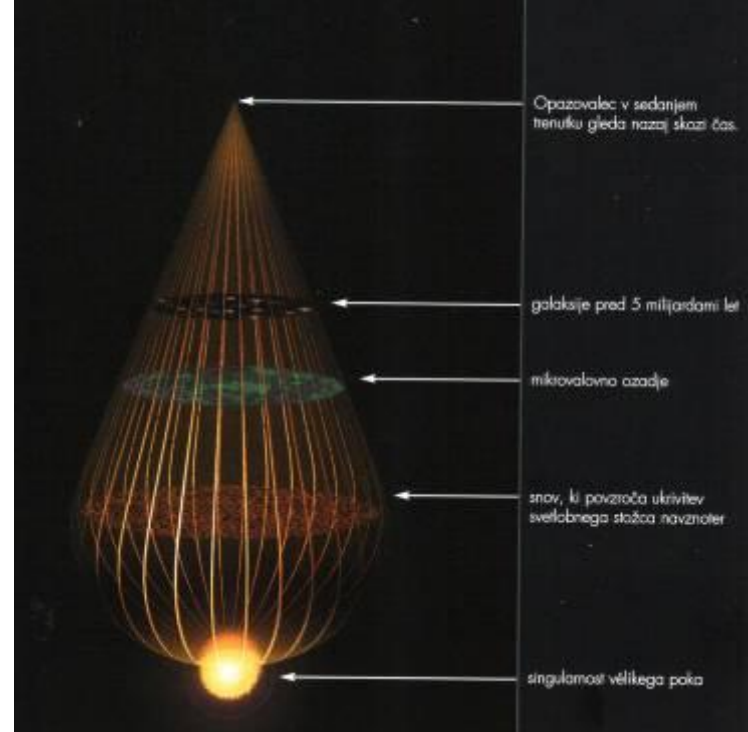


Stephen
Hawking
(1942-)



- Hawking, avtor *Kratke zgodovine časa* (1988), je predvsem strokovnjak za teorijo črnih lukenj (slika zgoraj). V '60-letih sta z Rogerjem Penroseom zapisala "teoreme o singularnostih", konvergenčnih točkah vseh svetovnic v neki regiji prostora-časa.
- Singularnost prapoka naj bi bila konvergenčna točka vseh preteklih svetovnic v našem celotnem kozmosu. Čas naj bi se začel z velikim pokom (slika desno: Hawking: "Čas ima obliko hruške").
- Pozneje Hawking uvede "drugo časovno dimenzijo", pojem "imaginarnega časa" in zagovarja (tudi s pomočjo kvantne nedoločenosti) ateistično kozmologijo, tj. vesolje brez začetka in Stvarnika: »Robni pogoj vesolja je ta, da nima nobenega roba. V celoti je vsebovano samo v sebi, in nič, kar je zunaj, nanj ne more vplivati. Ni ustvarjeno in tudi uničeno ne bo. Vesolje kratko malo JE.«

(*Kratka zgodovina časa*, slov. prev., str. 127)



“Če sledimo našemu svetlobnemu stožcu nazaj v času, vidimo, da se ta zaradi snovi v zgodnjem vesolju zakrivi. Celotno opazljivo vesolje je vsebovano v območju, katerega rob se v velikem poku zmanjša na velikost nič. To je singularnost, prostor, kjer je gostota snovi neskončna in klasična splošna teorija relativnosti ne velja več.”

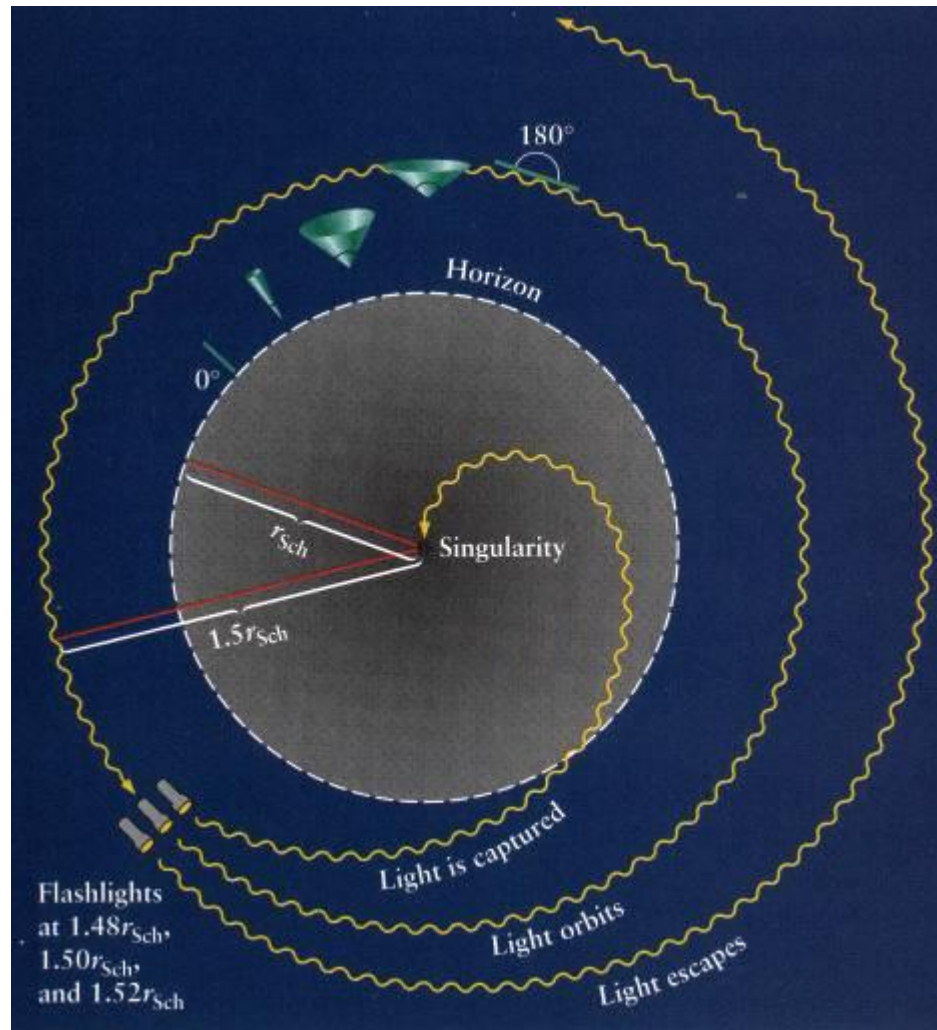
(Hawking: *Vesolje v orehovi lupini*, 2001, slov. prev. 2004, str. 40-41.)

Z maso obtežene “membrane” (modeli v 2D) ukrivljenega 3D prostora



Vir: Sašo Dolenc, Splošna teorija relativnosti, *Kvarkadabra* na internetu

2D model (“tloris”) črne luknje: horizont dogodkov, singularnost ...



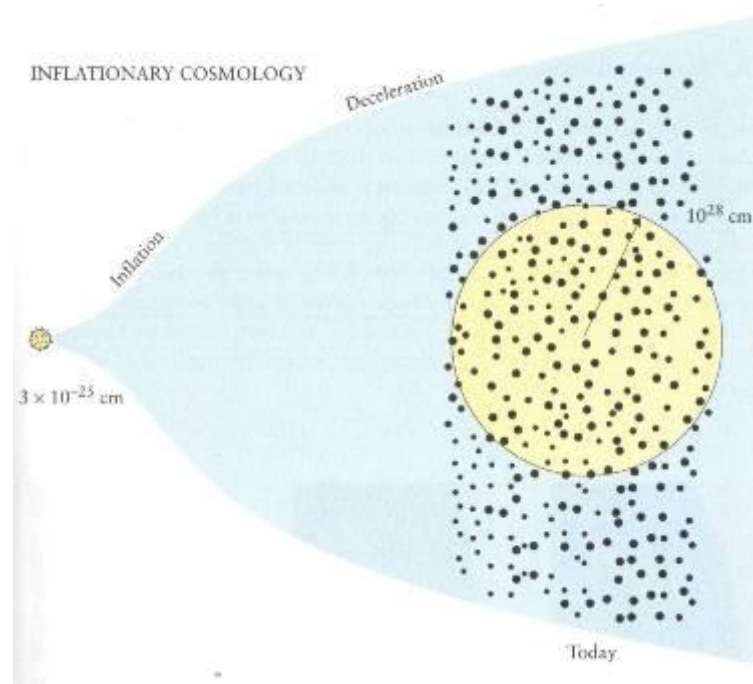
Vir: Michell Begelman & Martin Rees, *Gravity's Fatal Attraction – Black Holes in the Universe*, 1995

Napihnjenje (“inflacija”) vesolja kot dopolnitev “standardnega modela”

Hipoteza kozmičnega napihnjenja ali “inflacije”

(Alan Guth, 1980) pravi:

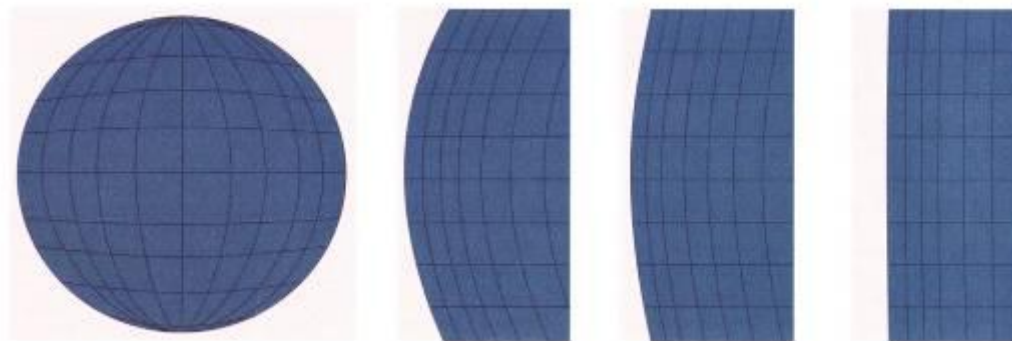
- V zelo kratkem časovnem intervalu, v delčku prve sekunde po prapoku (tj. po domnevni prvotni singularnosti), od $t_K \approx 10^{-35}$ do 10^{-32} , se vesolje napihne za velikanski faktor $\approx 10^{50}$.
- Vzrok tega fantastičnega dogodka naj bi bila “energija (kvantnega) vakuuma”, ki naj bi se sprostila v obliki “fazne spremembe” pri “lomu simetrije” med močno jedrsko in elektrošibko silo.
- Napihnjenje naj bi se zgodilo silno pospešeno in vesolje naj bi se razširilo nadsvetlobno hitro (širil naj bi se namreč sam prostor-čas).
- Nekateri kozmologi menijo, da prav temu silnemu dogodku, vesoljnemu “napihnjenju” bolj ustreza izraz *prapok* kot domnevni prvotni singularnosti.



Vir slike: Joseph Silk,
A Short History of the Universe, 1997

“V inflacijskem univerzumu je prostor, ki se je razširil v času inflacije, postal večji od horizonta (rumeni krog), tj. razdalje, ki jo je svetloba prepotovala od prapoka [do danes]. Iz tega sledi, da je vesolje mnogo večje, kot ga lahko vidimo [v našem kozmološkem času].”

Hipoteza o napihnjenju vesolja rešuje probleme standardnega modela



Vir slike:
Joseph Silk,
*A Short History
of the Universe*,
1997.

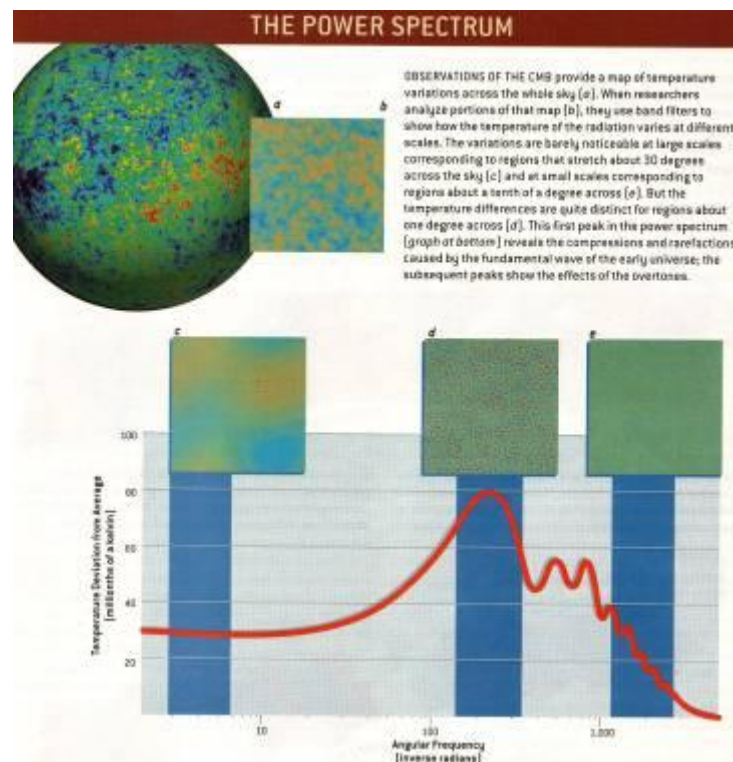
- Slika pokaže, kako “inflacija predvideva takšno geometrijo vidnega vesolja [tj. vesolja znotraj našega lokalnega horizonta, Hubblove sfere], ki je zelo blizu geometriji evklidskega [tj. ‘ravnega’] prostora” (Silk, str. 82, [op.] M.U). Kajti:
 1. napihnjenje “izravna” prostor – in tako razreši “problem ravnosti”
 2. napihnjenje “homogenizira” prostor – in tako razreši “problem horizonta” oz. izotropije neba (predvsem prasevanja).Torej: Če je napihnjenje res bilo, *potem* razrešuje probleme standardnega modela.
- Ostaja pa odprto vprašanje, ali je hipoteza napihnjenja sploh resnična. Energije (frekvence sevanj), ki so takrat delovale, so prevelike, da bi jih lahko simulirali in proučevali v današnjih pospeševalnikih delcev.
- Pač pa kozmologi poskušajo empirično pokazati, da je napihnjenje vtisnilo svoj “pečat” v prasevanje (→ gl. dalje: “zvočni valovi” pri napihnjenju).

Ali je mogoče z opazovanjem prasevanja empirično preveriti hipotezo vesoljnega napihnjenja (inflacije)?

Satelit, imenovan WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) od leta 2001 dalje raziskuje fino *strukturo prasevanja*, tj. njegovo anizotropijo oziroma (majhne) odklone od globalne izotropije, ki so sledi prvotnih “zrn”, iz katerih so se razvile makrostrukture.

Dosedanja poročila posredno in vsaj delno potrjujejo teorijo napihnjenja na tri načine:

1. Povprečna kotna velikost te zrnatosti (okrog 1°) je v skladu s teoretskim predvidevanjem, kajti njen izvor naj bi bile (izračunane) kvantne fluktuacije v inflatornem polju, ki naj bi povzročile “zvočne valove” *<acoustic waves>*, tj. zgoščine in razredčine v plazmi (“ognjeni krogli” zgodnjega vesolja), ki se ob koncu stanja plazme “vtisnejo” v fotonско prasevanje.
2. Izmerjeni zvočni valovi na prasevanju so skalno invariantni *<scale invariant>*, tj., amplitude valov se ne razlikujejo pri večjih ali manjših valovnih dolžinah, kar tudi predvideva teorija napihnjenja.
3. Gl. naslednji slide →



Vir slike: Wayne Hu & Martin White,
“The Cosmic Symphony”
Scientific American, februar 2004

“Vesoljne harmonije”

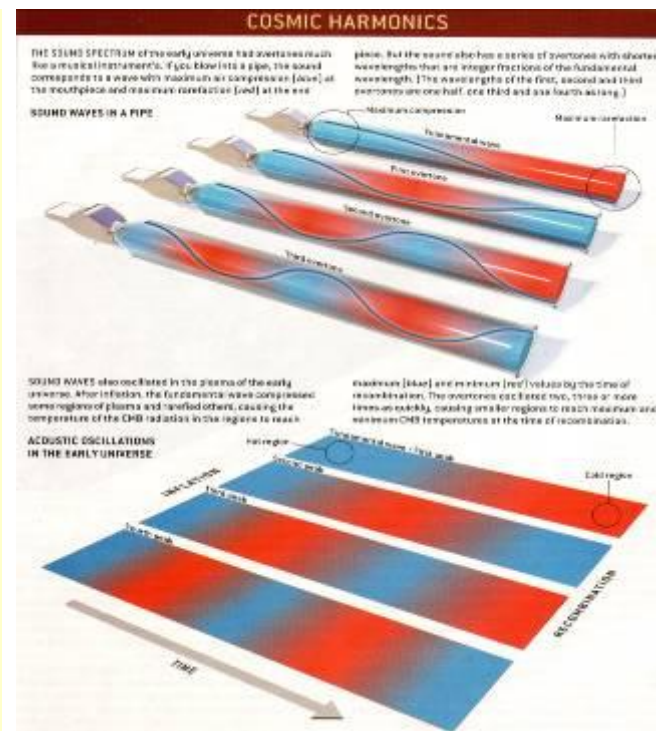
3. Zvočni valovi imajo obliko sinhroniziranih harmoničnih nihanj, iz česar lahko sklepamo, da so nastali tako rekoč v istem trenutku (inflacija je trajala en sam “hip”, 10^{-35} s).

Hu & White povzemata: “Inflacija, hitro raztezanje vesolja v prvih trenutkih po prapoku, je sprožila zvočne valove, ki so izmenoma zgostili in razredčili prvotno plazmo. Potem ko se je vesolje dovolj ohladilo, da so lahko nastali nevtralni atomi [tj. ≈ 300.000 let po prapoku, ob koncu stanja plazme], je bil vzorec variacij gostote, ki so ga povzročili zvočni valovi, zamrznjen v prasevanje.” (*Scientific American*, 2004/II, str. 34, podč. M.U.)

- Ob tem optimistično ugotavljata: “Evidenca, ki podpira teorijo inflacije, je zdaj torej najdena v podrobnem vzorcu zvočnih valov v prasevanju.” (*Ibid.*) – Morda res, vendar ta evidenca še ni dovolj znanstveno prepričljiva za vse kozmologe, je pa filozofsko lepa (pitagorejci ...).

Te raziskave spadajo v kvantno kozmologijo.

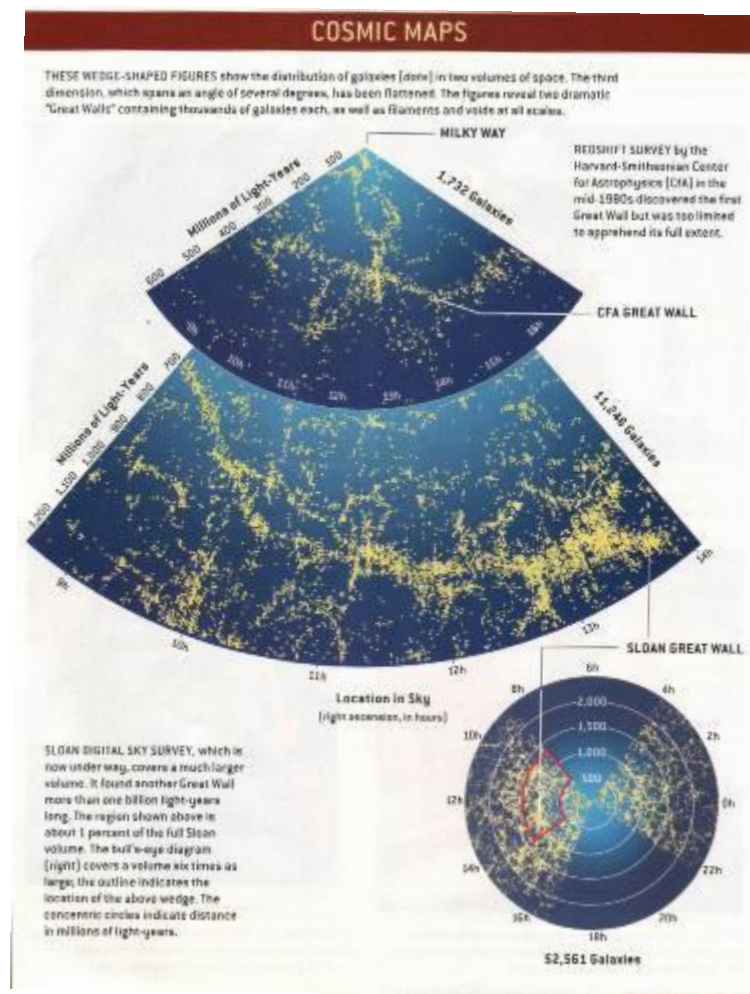
Brian Greene pravi : “Po inflacijski teoriji več kot 100 milijard galaksij, ki svetijo v vesolju kot nebeški diamanti, ni nič drugega kot kvantna mehanika, vtisnjena v celotno nebo. Zame ta ugotovitev predstavlja eno največjih čudes sodobne znanstvene dobe.” (*Tkanina vesolja*, 364)



Vir slike: Wayne Hu & Martin White, “The Cosmic Symphony”. *Scientific American*, februar 2004

Katere so največje znane strukture (“makrostrukture”) v vesolju?

- Sodobne astronomske meritve – s pomočjo zvezd supernov (kot “standardnih svetilnikov”), najsvetlejših eksplozij v drugih galaksijah – omogočajo globinsko kartiranje vesolja.
- Čeprav je vesolje “globalno”, tj. na horizontu (Hubblevi sferi), skoraj povsem izotropno in homogeno, kar je razvidno iz prasevanja, pa se galaktične jate in nadjate strukturirajo v velikanske “zidove” ali “opne” (pajčevinaste strukture *na sliki*: vsaka rumena pikica predstavlja galaksijo); te strukture so tudi večje od milijarde SL, med njimi pa so ogromne praznine, “mehurji”.
- Na sliki vidimo dve doslej največji raziskavi vesoljnih “makrostruktur”: prva, harvarska raziskava (do 1986) je odkrila prvi “Veliki zid” (*Great Wall*); druga raziskava, “Sloan Digital Sky Survey”, pa je segla še mnogo globlje in do leta 2001 kartirala več kot milijon galaksij do razdalje dveh milijard SL ter odkrila še veliko večje “zidove”.



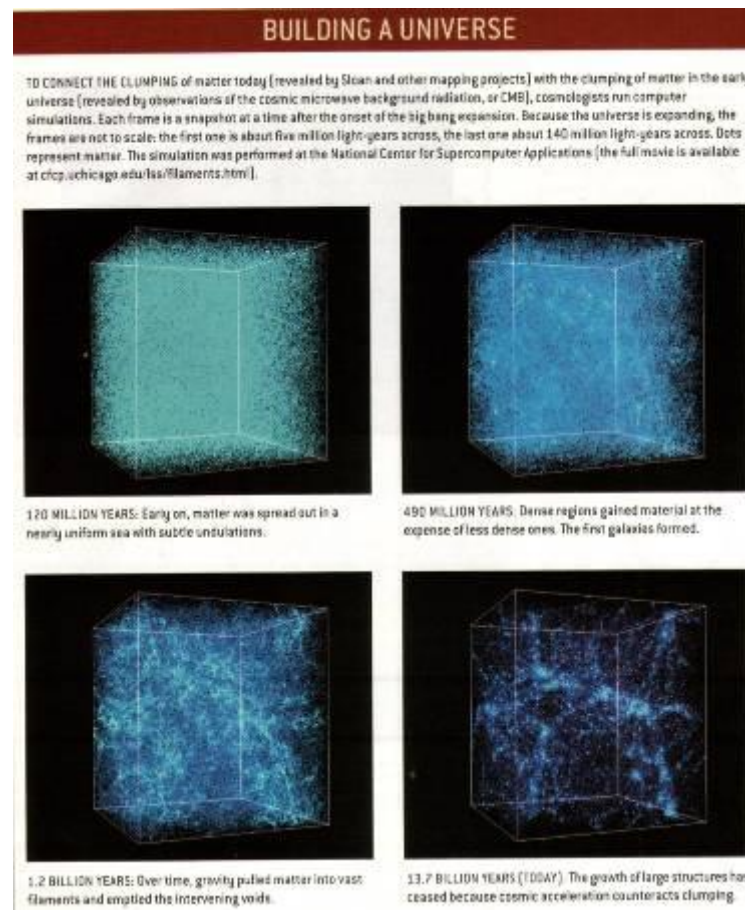
Vir slike: *Scientific American*, februar, 2004

Kako so nastale “makrostrukture” v vesolju?

Kako se je v razvoju vesolja snov zbrala v te “makrostrukture”? Kozmologi poskušajo najti odgovor na to vprašanje predvsem na dva načina:

1. z opazovanjem prasevanja, majhnih razlik v njegovi siceršnji izotropiji (“granulacija” prasevanja);
2. z računalniškimi simulacijami raztezajoče se, prvotno homogene “snovi” (*slika desno*).

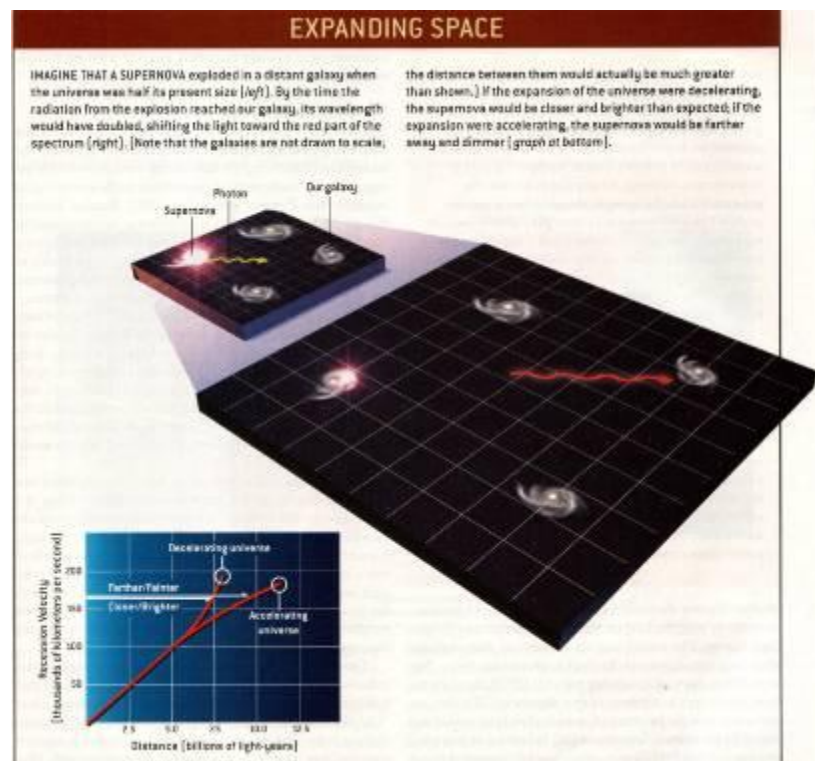
Na štirih slikah vidimo računalniško simulacijo štirih časovnih presekov raztezajočega se vesolja: po 120 milijonih let, po 490 milijonih let, po 1,2 milijarde let in po 13,7 milijardah let (danes).



Vir slike: *Scientific American*, februar, 2004

Novi “scenariji” (tj. variante standardnega modela) razvoja vesolja

- Vesolje je neverjetno velikansko, razsrediščeno in v našem kozmološkem obdobju skoraj prazno - med galaksijami, vesoljnimi “atomi”, so velikanske razdalje, ki se še, celo pospešeno, povečujejo!
- Raziskave rdečih sprektalnih premikov supernov iz drugih galaksij po letu 1998 (gl. večjo *sliko desno*) namreč kažejo, da se vesolje razteza pospešeno - ne pa pojemajoče, kot so predvidevali zdaj že polpretekli Friedmannovi modeli.
- To pa pomeni, da v vesolju vseskozi deluje neka “antigravitacija” (“sila vakuuma”, “temna energija” ...?), ki naj bi, kot kažejo meritve, na razdalji ≈ 5 milijard SL, tj. pred ≈ 5 milijardami let (gl. manjšo *sliko desno*), prevzela pobudo in na globalni ravni prevladala nad gravitacijo (ki pa lokalno seveda še vedno trdno veže zvezde v galaksije in galaksije v jate).
- Einsteinova “največja zmota”, uvedba “kozмолоške konstante”, je spet aktualna!

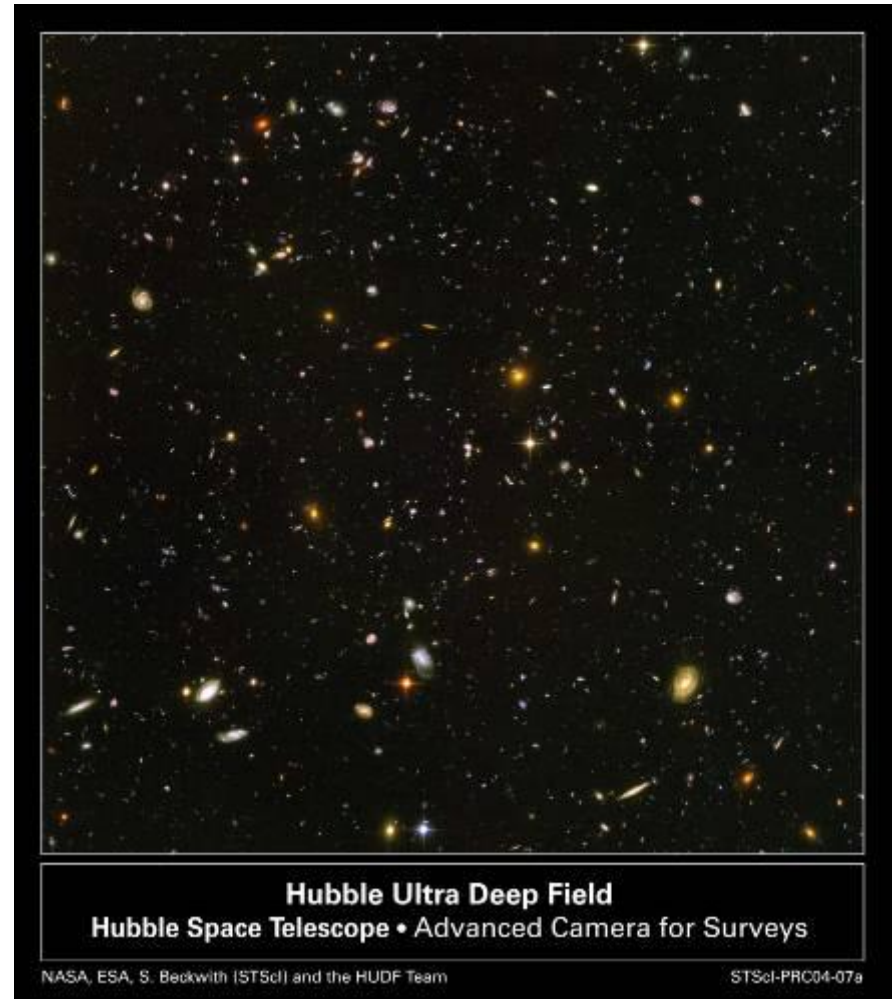


Vir slike: *Scientific American*, februar, 2004

Hubblov “globoki” (1996) in “najgloblji pogled” (2004)



Na Hubblovem “najglobljem pogledu” (*desno*) je na navidezno “praznem” koščku neba kakih 10.000 galaksij, med njimi tudi tiste, ki so nastale približno pol milijona let po prapoku, ko je bilo vesolje “še mlado” – torej so zdaj oddaljene od nas najmanj deset milijard SL.



Vira slik: NASA (na internetu) in *Scientific American*, 2004

Sedem možnih odgovorov (*inter alia*) na vprašanje:
***Zakaj* je vesolje tako velikansko in razsrediščeno?**

1. Vprašanje *zakaj*... je za vesolje nesmiselno, saj dejansko ni nobenega zadostnega razloga za takšno velikost oziroma razsrediščenost vesolja – “tako pač JE”. (Ampak s tem se razum težko sprijazni.)
2. V “multiverzumu” (brezštevilnem mnoštvu svetov) se že najde ravno pravšnje, namreč takšno vesolje, kot je naše, druga so pač manjša – morda pa celo večja? (“Antropično načelo”, evolucija brez smotra.)
3. Naše vesolje je nujno tako veliko v prostoru-času, zato da lahko iz sebe rodi en sam samcat “otok zavesti”: našo zemljico, človeško telo, možgane. (Ali s tem predpostavljamo smotrnost vesolja?)
4. Neskončnost in razsrediščenost vesolja sta lepši in boljši od končnosti in središčnosti. (Klasiki se s tem nikakor ne bi strinjali, pač pa je “oceansko občutje” ugajalo Brunu in romantikom.)
5. Vesolje mora biti neskončno zaradi naše svobodne volje/zavesti, da bi imela na razpolago neomejeno količino prostora-časa – le kako naj bo svobodna, če naleti na mejo? (Ali je brezmejnost res bistvo svobode?)
6. Vesolje sploh ni zares tako neznansko veliko – takšnega zgolj vidimo zaradi neke “iluzije”, npr. zrcaljenja prostorskih replik v času ipd. (Tudi če bi bilo to “globalno” res, bi bilo vesolje še vedno velikansko.)
7. Edino, kar je v vesolju resnično pomembno, je duša in/ali duh, zanju pa bližina in daljavo pomenita nekaj povsem drugega, saj sta v Enem, edinem pravem “središču” vsega, kar je. (Da, morda, morda res ...)

Kant: "... zvezdno nebo nad menoj in moralni zakon v meni"



Van Goghova Zvezdna noč

