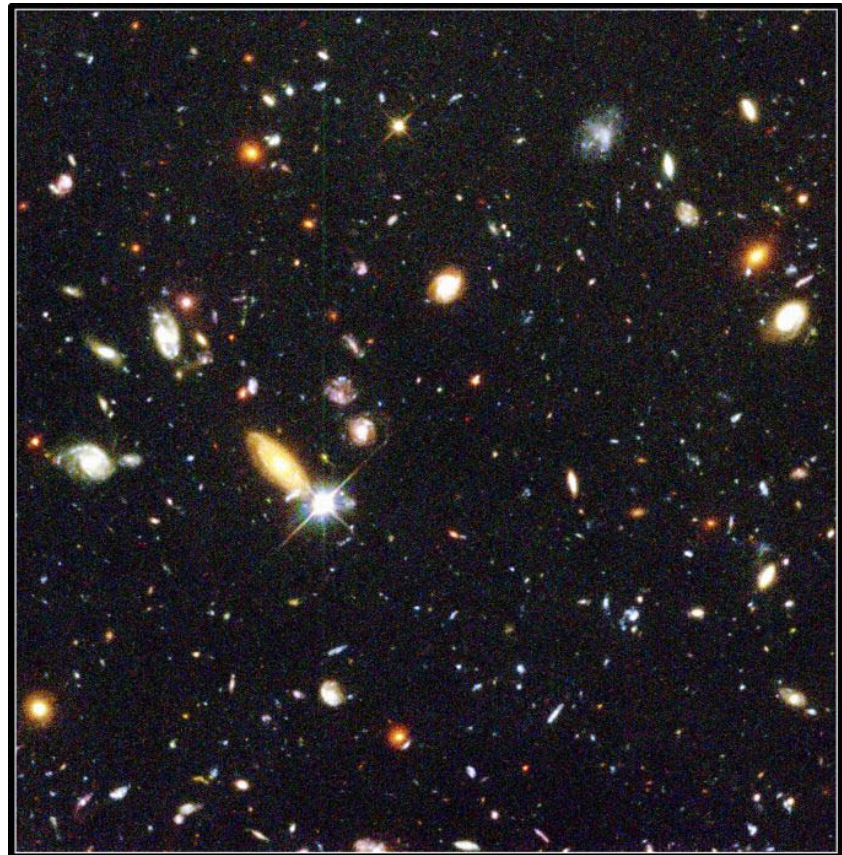
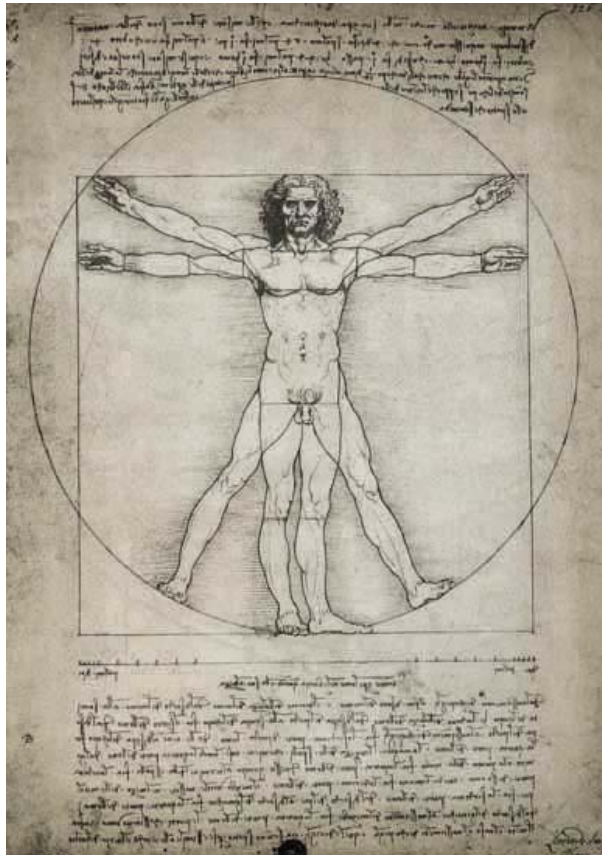


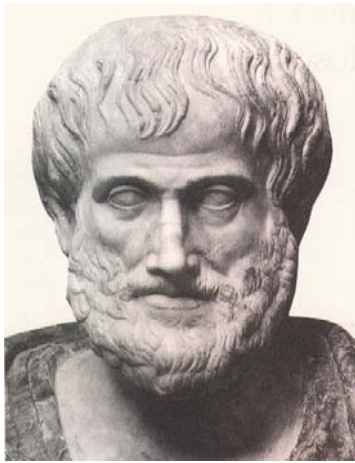
Marko Uršič

Položaj človeka v kozmosu



Cankarjev dom, 9. decembra 2004, © Marko Uršič

Aristotelov in Ptolemajev ter srednjeveški geocentrični sistem



Schema huius primum divisionis Sphararum.



Slika 1

Značilen predkopernikovski diagram univerzuma
(iz *Cosmographia Petra Apiana*, izdaja iz leta 1539)

- **Aristotel** (384-322) je filozofsko utemeljil, Klavdij **Ptolemaj** (100-170) pa astronomsko-matematično opisal geocentrični sistem, ki je prevladoval skozi celotno antiko in srednji vek, vse do Nikolaja Kopernika (1543).
- Vesolje je sferični kozmos, v središču je Zemlja, okrog nje so “nebesne sfere”, na katerih krožijo: Luna, Merkur, Venera, Sonce, Mars, Jupiter, Saturn in najvišje vidno Nebo, “sfera zvezd stalnic”. Nepravilno gibanje planetov se pojasnjuje kot sestavljeno iz več kroženj (po namišljenih krogih: “deferentih” in “epiciklih”).

Vir diagrama: A. Koyré, *Od sklenjenega sveta do neskončnega univerzuma*, 1988.

Sferična popolnost kozmosa – rozeta na katedrali v Chartresu

Aristotel o okroglosti (sferičnosti) neba:

»Nebo mora imeti okroglo obliko, ker je ta najbližja njegovi biti in ker je prva po naravi. ... [kajti] krožna črta je popolna in ... ravno tako je s kroglo med geometrijskimi telesi ... [in] zaradi tega mora biti tudi nebo okrogle oblike.« (O nebu, II/4)

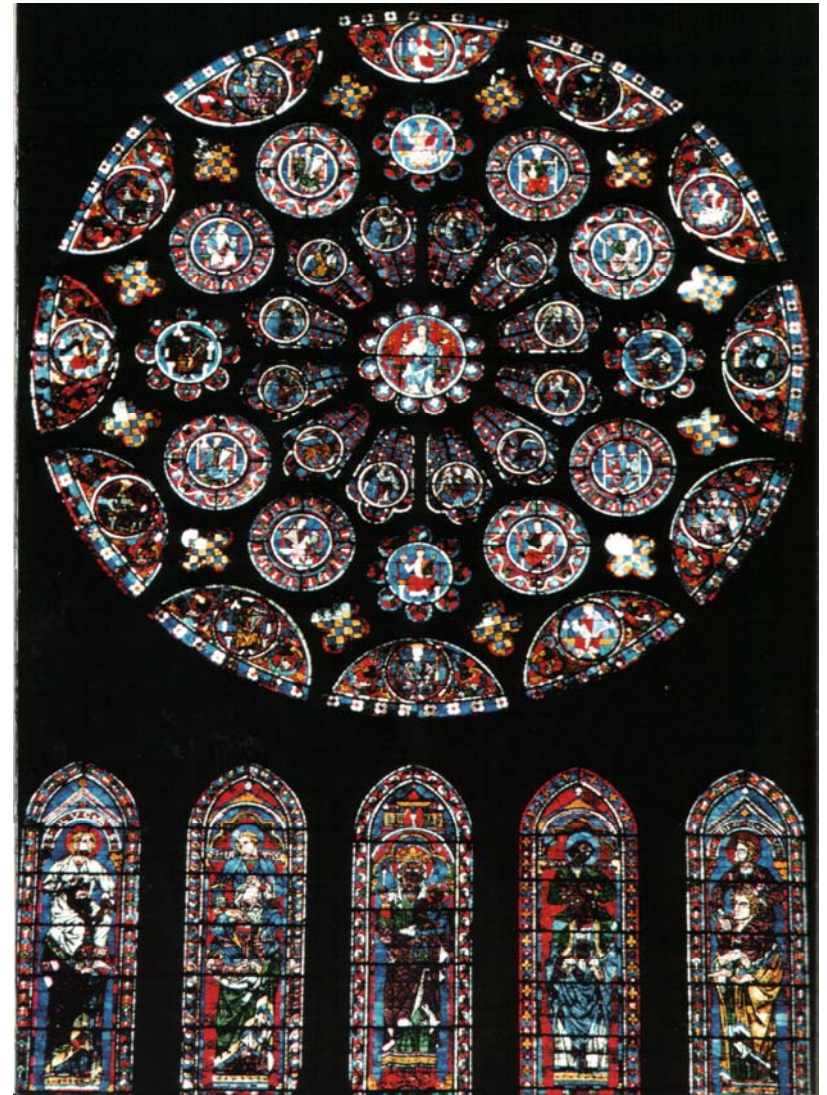
Dante, v *Božanski komediji*:

*Tam luč je, ki da Stvarnika uzreti
tej stvári, ki le tákrat mir uživa,
ko ji iz lica v lice On zasveti.*

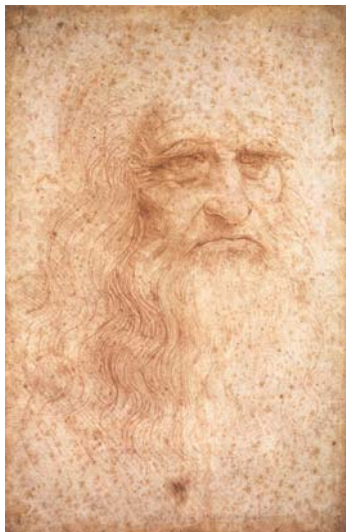
*Kot roža v prostor gre in se razliva,
dokler da ne razgrne si oboda,
ki je še soncu preobširna njiva.*

Vse, kar se vidi tam, je žar Gospoda ...

(*Raj*, 31. spev, prev. Andrej Capuder)



Chartres, južna rozeta, ok. 1227



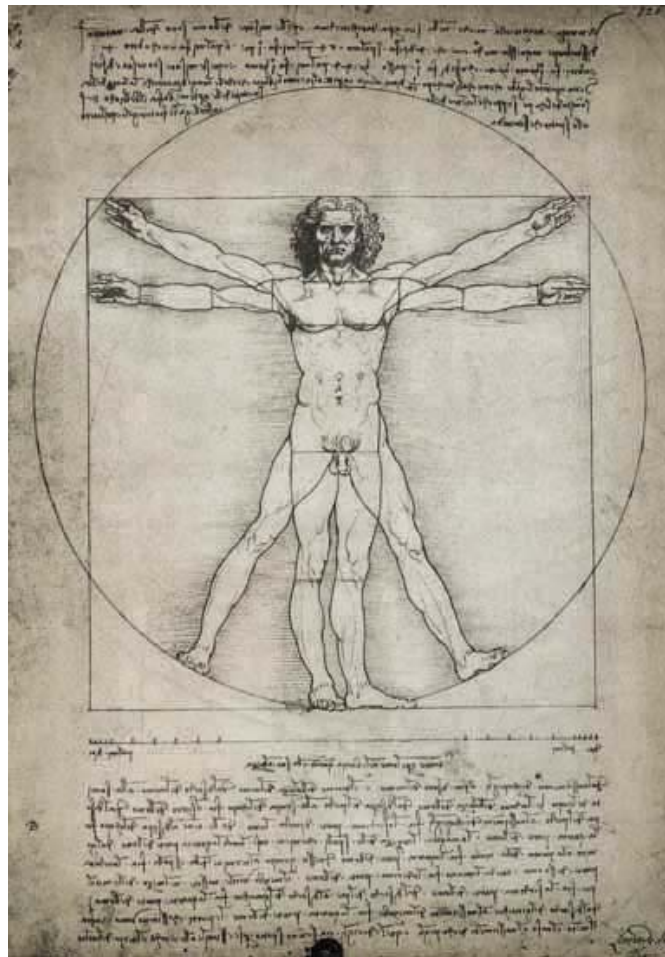
Leonardo
da Vinci
(1452-1519)

Leonardo, genialni renesančni slikar in eden izmed največjih polihistorjev vseh časov, je dobro poznal svetlobo in sence:

- »Senca ima večjo moč kot luč, saj lahko ovira in zastre svetleča telesa, luč pa ne more nikoli pregnati s teles vseh senc.«
- »Poglej na ulici, ko se zvečeri, obraze mimo-idočih, zlasti takrat, ko je vreme pusto, in opazil boš, kolikšna mehkoba in milina je na njih!«

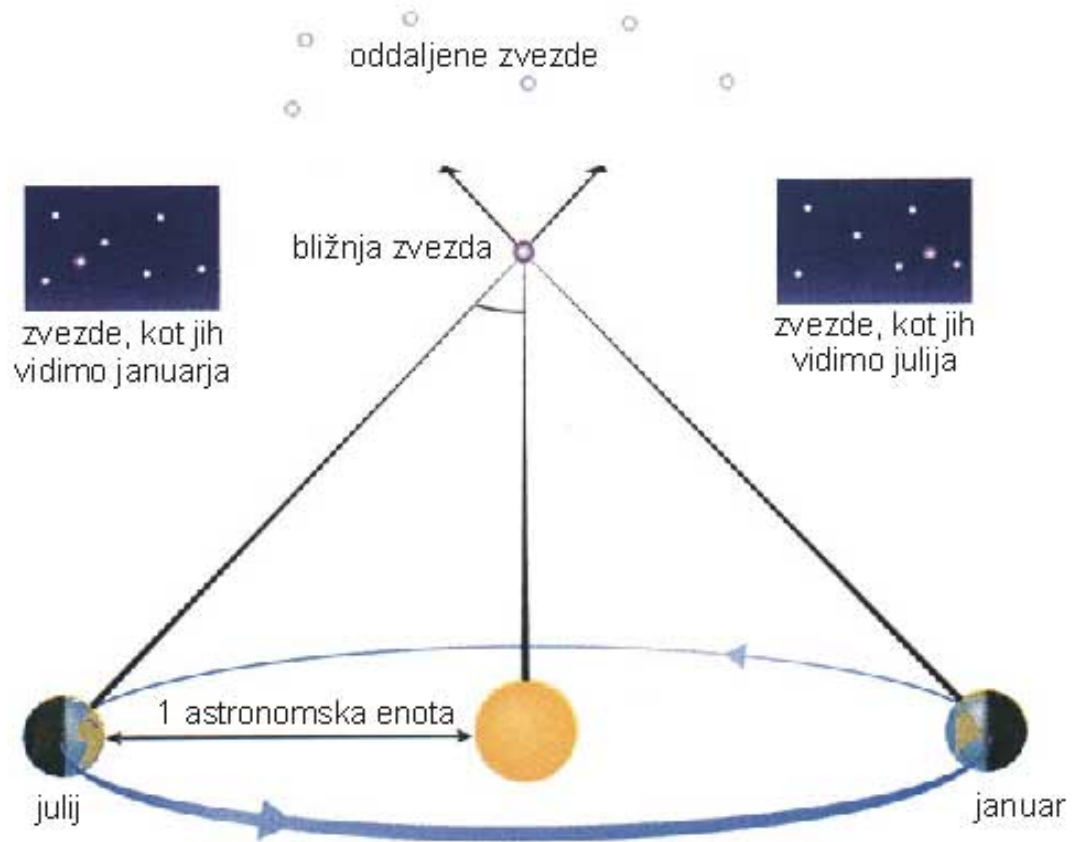
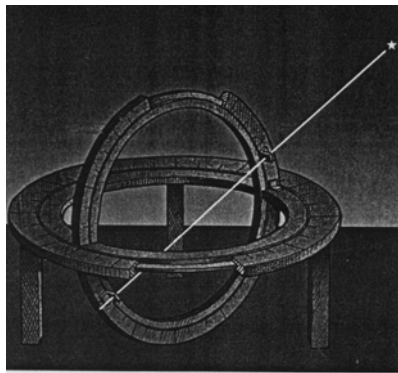
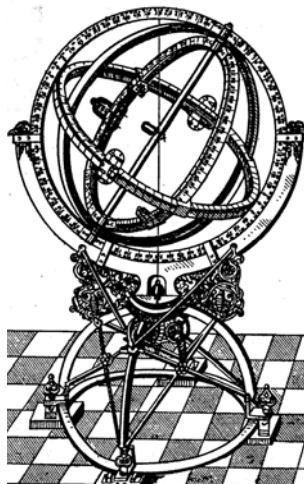
(Cit. po: John Gage: *Colour and Culture*, 1995)

Renesančna misel: **V človeku, “mikrokozmosu”, se zrcali vesolje, “makrokozmos”.**



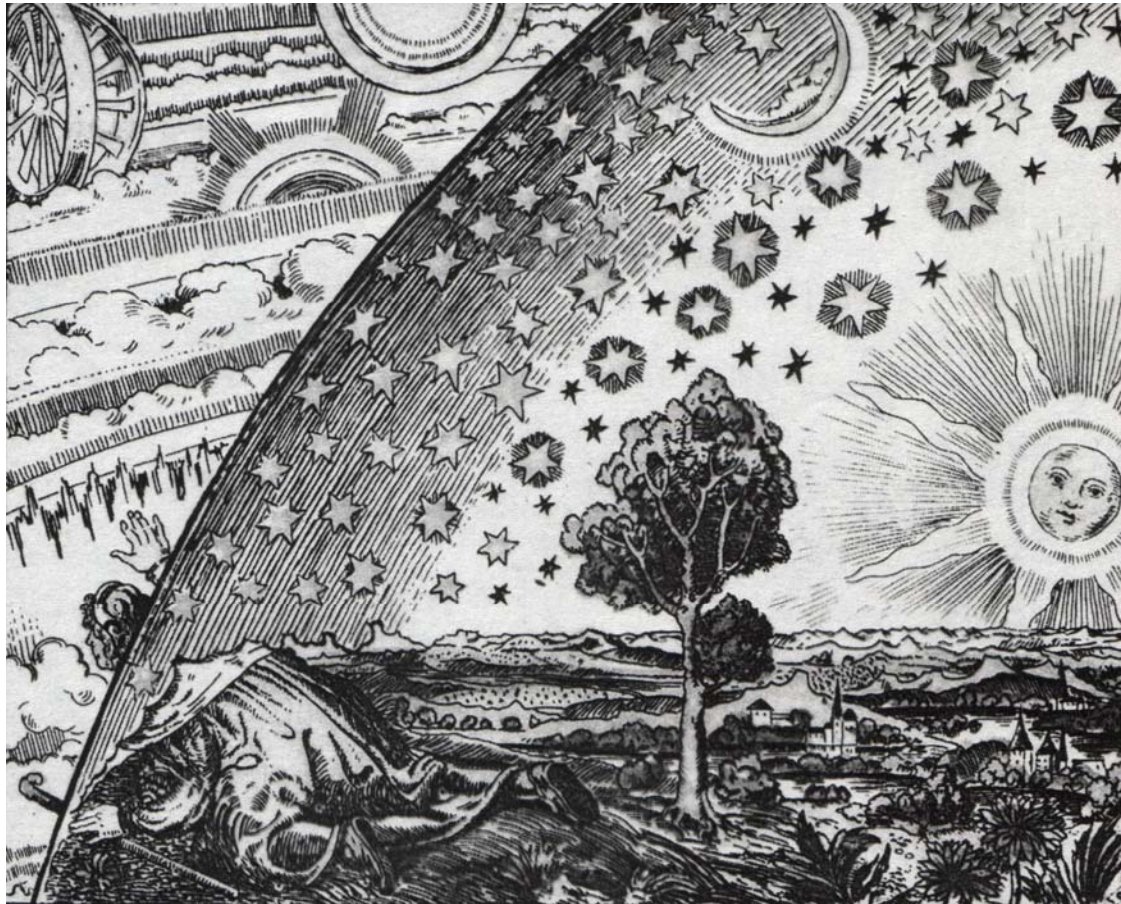
Leonardov ***Anthropos***, razpet v kvadratu in krogu. Kvadrat simbolizira Zemljo, krog Nebo.

Klasično merjenje razdalj v vesolju s pomočjo kotov in časov: instrument - armilarna sfera (levo), kót - paralaksa (desno)



Vira diagramov: *Spika* in *Kvarkadabra*.

... meja, ki ni Meja ...

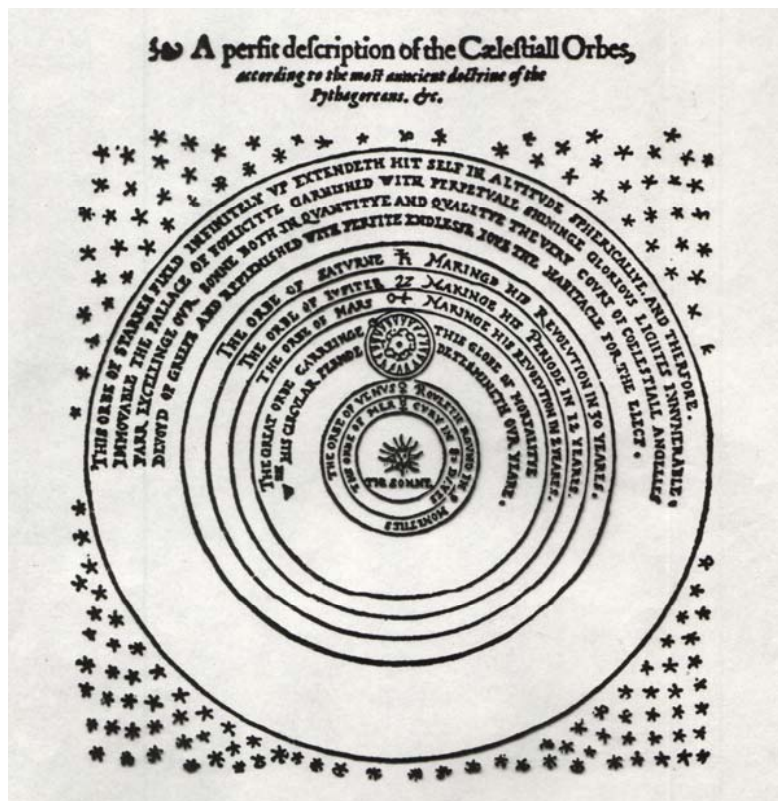


Grafika iz prve polovice 16. st. nam ponazarja radovednega človeka, ki seže skozi “najvišjo nebesno sfero”, tj. “sfero zvezd stalnic”, k “nebesnim kolesom” – toda spet v prostor, četudi “zunanji”.

“Nebesnega oboka” ni, zvezde so posejane v brezmejno “višino”!

Thomas Digges (1576) je verjetno prvi spoznal, da se zvezde širijo v neskončno ali vsaj neomejeno “višino” ali “globino” (slika spodaj) - a šele **Giordano Bruno** je jasno in dosledno razvil to misel.

Na desni: Gostosevci ali Plejade.





Giordano
Bruno
(1548-1600)

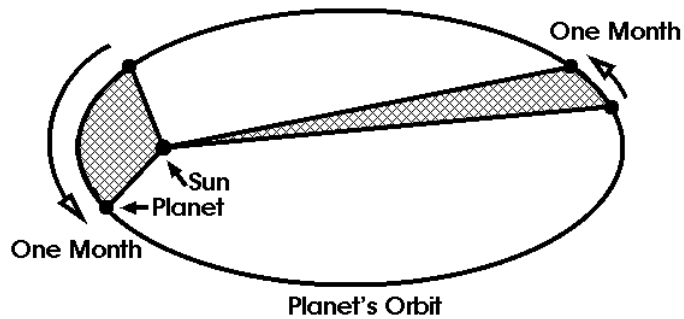
- Bruno je bil prvi, ki je učil, da je vesolje neskončno in povsem razsrediščeno. Spoznal je, da so zvezde druga sonca, središča drugih svetov, med katerimi so morda tudi naseljeni z razumnimi bitji.
- Na inkvizicijskem procesu je rekel: »To dvojno neskončnost, tako glede velikosti vesolja kakor glede mnoštva svetov, bi morda lahko imeli za trditev, ki ni v skladu z resnico vere ...« (*Beneški dokumenti*, 1592)
- Vendar je Bruno ohranil "panteistično" celovitost vesolja (*univerzuma*) v Enem: **»Vesolje je eno, neskončno, negibno.«** (*O vzroku, počelu in Enem*, 5. dialog).



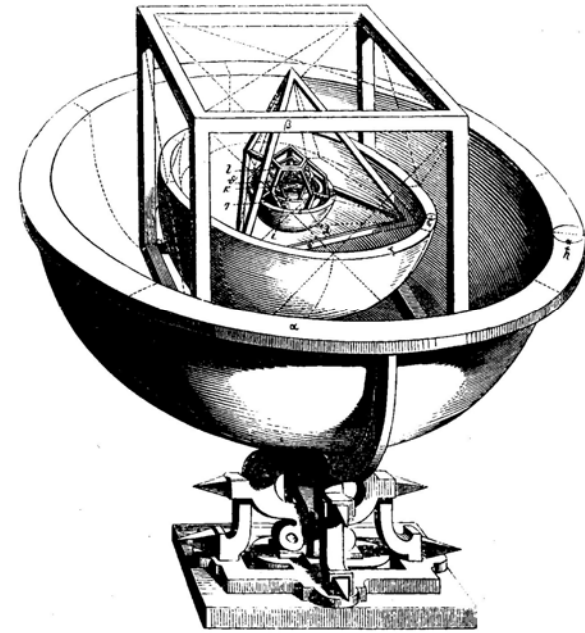
Meglice plina (večinoma vodika) v južnem ozvezdju Jadro (*Vela*), skozi katerega "teče" Mlečna (ali Rimska) cesta, naša Galaksija, v kateri je, kot danes vemo, več kot sto milijard zvezd.

Meglice so ostanki eksplozije supernove, ki se je zgodila pred 12.000 leti, v sredi pa je pulzar, nevtronska zvezda, od nas oddaljena "komaj" 1500 svetlobnih let.

Vir: N. Henbest & M. Marten, 1996.

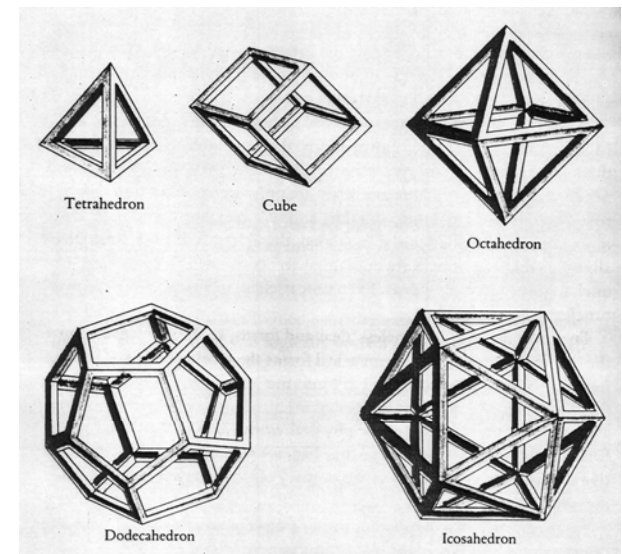


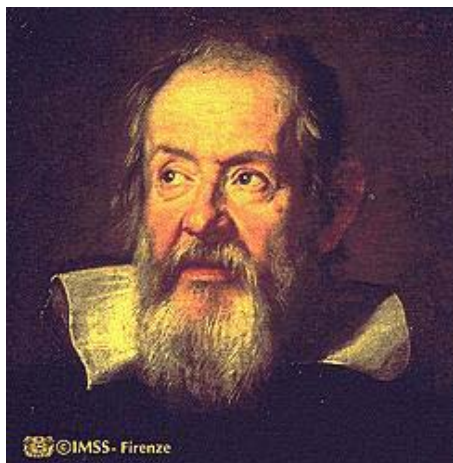
Johannes
Kepler
(1571-1630)



- Kepler je na osnovi natančnih astronomskih merenj, ki jih je opravil že njegov predhodnik Tycho Brahe, opisal kroženje planetov okrog Sonca z elipsami (levo zgoraj je skica drugega Keplerjevega zakona).
- Vendar se je Kepler, ki je bil po filozofskem prepričanju platonik, težko poslovil od “idealnih” krogov, krogel in “platonskih teles” (desno spodaj). V svojem zgodnjem delu *Mysterium cosmographicum* (1596) je z njimi še razlagal planetne orbite (desno zgoraj).

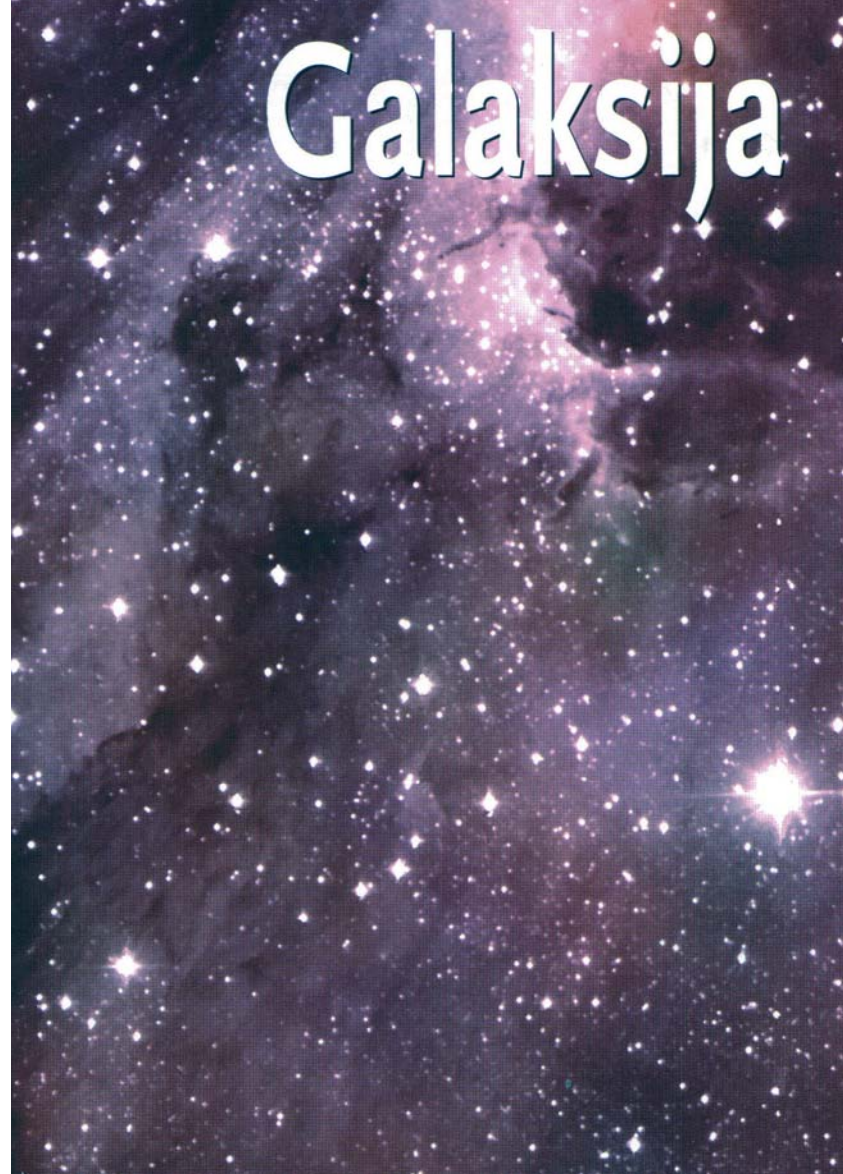
Vir slik (desno): Robert Lawlor, *Sacred Geometry*, 1994



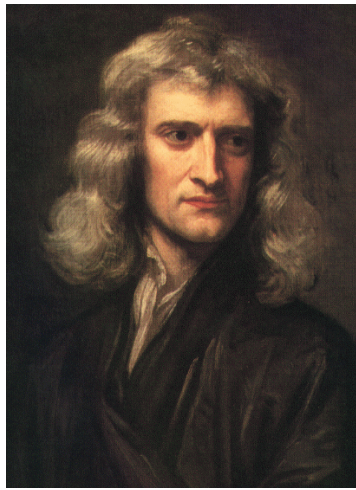


Galileo Galilei
(1564-1642)

- Galilei je utemeljil novoveško naravoslovno znanost na povezavi izkustva z matematiko.
- Na področju astronomije je prvi opazoval s teleskopom in odkril štiri največje Jupitrove lune – imenoval jih je “Medičejske zvezde” (danes: Ganimed, Kalisto, Io, Evropa); to je bil prvi izkustveni dokaz, da ne krožijo prav vsa nebesna telesa okrog Zemlje.
- Odkril je tudi, da je Galaksija (“Rimska cesta”) sestavljena iz nešteti zvezd.
- In na koncu je rekel: **»In vendar se giblje!«** – namreč Zemlja okrog Sonca.



Vir zgornje slike: *Spika*, 2004



Isaac
Newton
(1642-1727)

$$F = G \frac{M m}{d^2}$$

- Največji Newtonov dosežek na področju kozmologije je odkritje univerzalne gravitacije, ki je z gravitacijskim zakonom (*zgoraj in desno*) omogočila nebesno mehaniko.
- **Red in harmonija vesolja se iz vidnih predstav “preselita” v enačbe matematične fizike.**
- Sicer pa izročilo pravi, da je Newton prišel do genialne zamisli, da ista gravitacijska sila povzroča padanje teles na Zemlji in gibanje nebesnih teles, ko mu je nekega dne padlo na glavo jabolko in se je vprašal, zakaj neki ne pade na Zemljo tudi Luna ... (*spodaj desno*).

Weight = $F_g = G \frac{M m}{r^2} = mg$

M is the mass of the Earth
m is the mass of the object
r is the radius of the Earth
g is the acceleration due to gravity at the Earth's surface



Vir slik: internet (“Isaac Newton”), 2004.



Immanuel
Kant
(1724-1804)

Kant je v svojem “predkritičnem obdobju” veliko prispeval k razvoju takratne kozmološke vede (npr. teorijo nastanka Osončja, 1755), toda v *Kritiki čistega uma* (1781) je postavil načelno, spoznavnoteoretsko zaporo kozmologiji s “kozmoško antinomijo”, ki pravi: z logiko je mogoče dokazati oboje, bodisi da je vesolje v prostoru in času končno bodisi neskončno – to pa je seveda protislovje in zato se moramo na razumski (teoretski) ravni odreči sami kozmologiji, ki sprašuje po nečem, kar je »onstran vsega možnega izkustva«, namreč po celoti vesolja.

Kant je pojmoval prostor in čas kot apriorni formi čutnosti, pri tem pa je (kot nekaj samoumevnega) predpostavljal, da je apriorna in edina možna tudi evklidska geometrija, kakor tudi linearno-anizotropna struktura časa. Toda kmalu se je izkazalo, da se je v tem motil ...



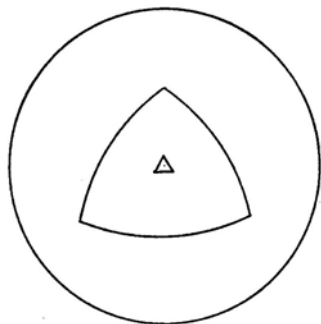
**»Zvezdno nebo nad nami
in moralni zakon v nas.«**

Slika prikazuje zvezdo V838, rdečo nadorjakinjo v ozvezdju Samoroga, od nas oddaljeno 20.000 svetlobnih let; okrogla meglica je nastala z njenim izbruhom.

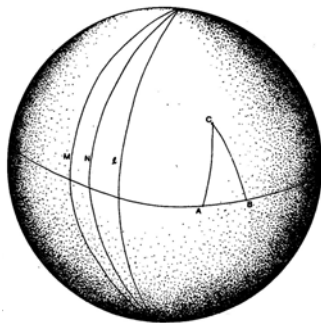
Vir: Spika, 2004.

Neevklidske geometrije, ukrivljeni prostori (ponazoritev v dveh razsežnostih)

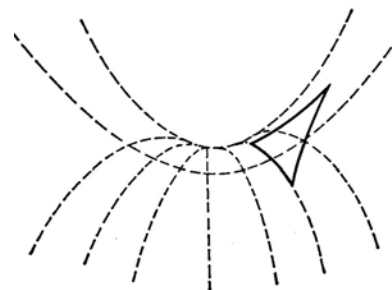
pozitivno ukrivljena (**sferična**) geometrija:
vsota notranjih kotov v trikotniku je večja od 180°



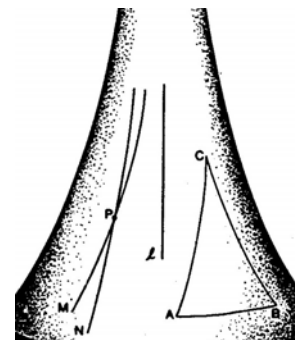
1. varianta zanikanja 5. Evklidovega postulata:
Skozi točko, ki ne leži na izbrani “premici”
(tj. geodetki) k le-tej ne obstaja nobena
vzporednica – saj se vse na **sferi**
“vzporedne” geodetke sekajo na polih:

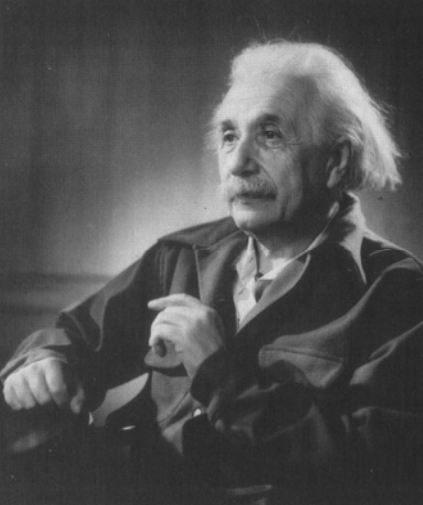


negativno ukrivljena (**hiperbolična**) geometrija:
vsota notranjih kotov v trikotniku je manjša od 180°



2. varianta zanikanja 5. Evklidovega postulata:
Skozi točko, ki ne leži na izbrani “premici”
(tj. geodetki) k le-tej obstaja neskončno mnogo
vzporednic – saj se vse na **pseudosferi**
“vzporedne” geodetke nikjer ne sekajo:





Albert
Einstein
(1879-1955)

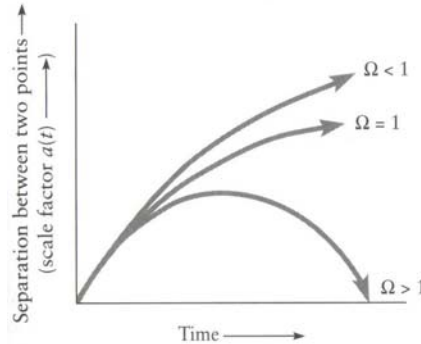
$$G_{\mu\nu} = 8\pi T_{\mu\nu}$$



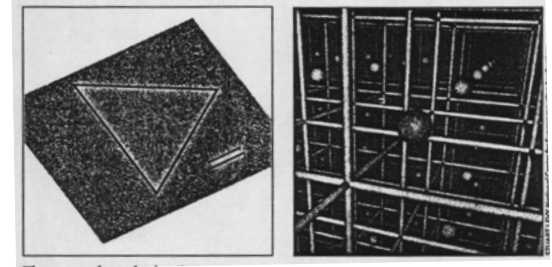
- Einstein je s svojo splošno teorijo relativnosti (1915) postavil teoretski temelj sodobni kozmologiji.
- Z “enačbami polja” (glavno enačbo glej *zgoraj*) je izrazil soodvisnost med prostorom-časom na eni strani (G) in maso in/ali energijo (saj velja: $E = mc^2$) na drugi (T).
- John A. Wheeler je to soodvisnost posrečeno izrazil: **“Prostor-čas pove snovi [masi/energiji], kako naj se giblje, snov pove prostoru-času, kako naj se ukrivi.”**
- *Slika desno*: Eden izmed dokazov za veljavnost splošne teorije relativnosti je pojavnost “gravitacijskega lečenja”. Slika prikazuje jato galaksij z oznako *Abell 2218*, posneto s Hubblovim teleskopom leta 1994; jata s svojo velikansko maso učinkuje kot leča pri videnju (in pomnožitvi) mnogo bolj oddaljenih galaksij, ki jih vidimo kot krožne “pajčevine”.



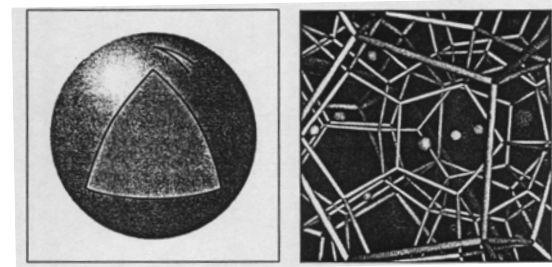
Aleksander
Friedmann
(1888-1925)



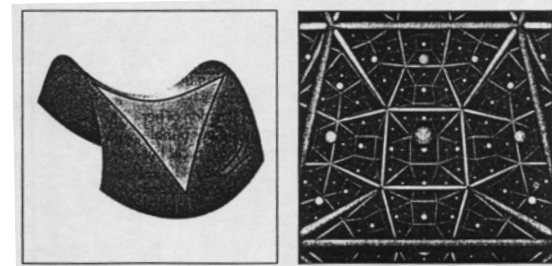
- “evklidski kozmos” ($\Omega = 1$)



- “sferični kozmos” ($\Omega > 1$)



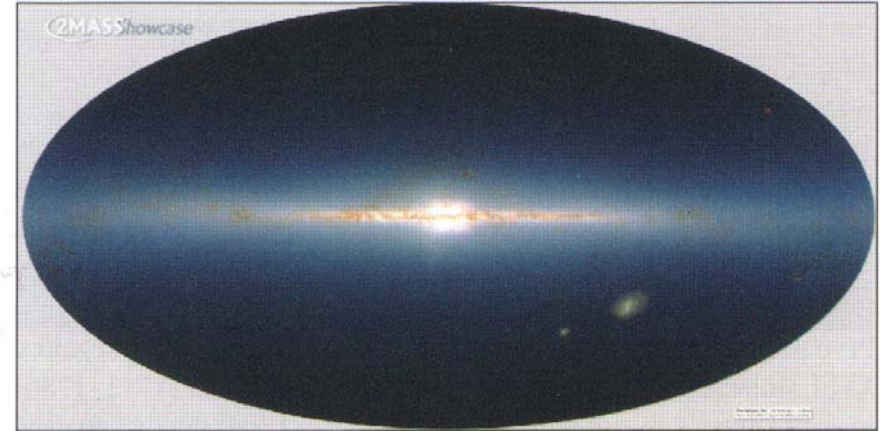
- “hiperbolični kozmos” ($\Omega < 1$)



- Ruski matematik Friedmann je leta 1922 odkril takšne rešitve Einsteinovih “enačb polja”, pri katerih se (vesoljni) prostor v času razteza – in s tem predvidel sodobne “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”.

Vir zgornjih slik: *Scientific American*, 1999.

Odkritje drugih galaksij - Andromeda je “dvojčica” naše Galaksije



Slika 4. Naša Galaksija, kot jo vidimo z Zemlje. Mozaik je sestavljen iz velikega števila slik, posnetih v infrardeči svetlobi, ki lahko prodre skozi prašne in plinske oblake. Slika je nastala na podlagi posnetkov projekta snemanja celotnega neba v infrardeči svetlobi, ki je znan pod imenom Two Micron All Sky Survey ali skrajšano 2Mass. Astronomi so imeli na voljo dva 1,3-metrski teleskopa, enega v ZDA, drugega pa v Čilu.

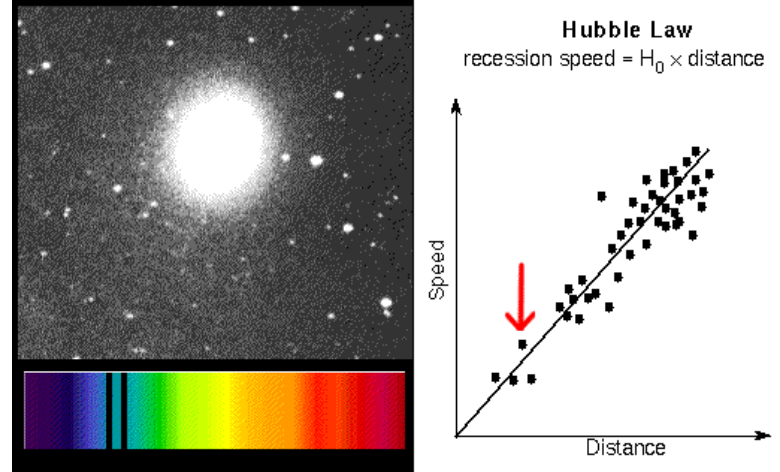
- Velika spiralna galaksija M 31 v ozvezdju Andromede je kot “meglica” (nebula) vidna tudi s prostim očesom, vendar so dokazali, da je druga galaksija, šele v 20. st.
- Ta “dvojčica” naše Mlečne/Rimske ceste je od nas oddaljena približno 2,3 milijona svetlobnih let (SL) in v premeru (tako kot naša) meri 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)

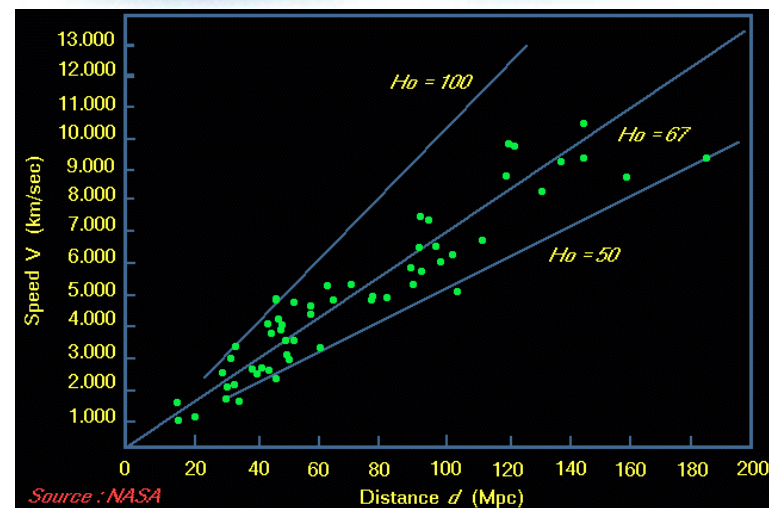
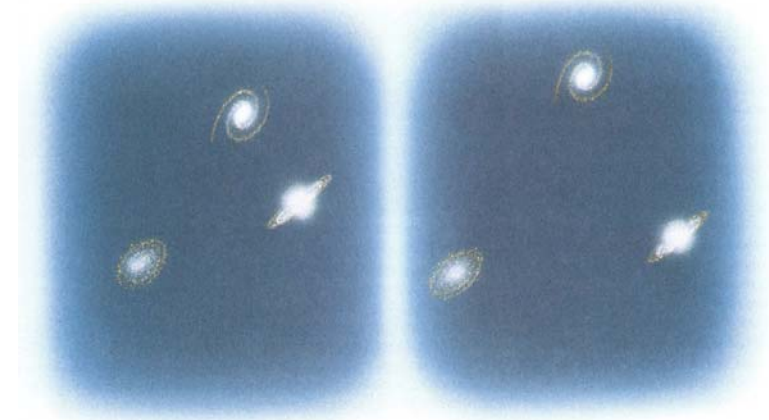
Hubbllov zakon (1929):

$$v = H_0 \cdot d$$



- 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*).
- Hubbllov zakon (*zgoraj*): čim dlje je galaksija (d), tem hitreje (v) se oddaljuje od nas; hitrost (“tempo”) samega raztezanja je izražena s Hubblovo konstanto (H_0): čim večja je, tem hitreje se vesolje razteza (*desno spodaj*).
- Obratna vrednost Hubblove konstante ($1/H_0$) je Hubbllov čas, ki nam v izbranem kozmološkem modelu omogoča izračun starosti vesolja (sedanja ocena v modelu “ravnega” vesolja: 13-14 milijard let).
- Sodobni Hubbllov teleskop, astronomski satelit, nam pošilja iz orbite čudovite posnetke vesolja.

Vir slik: internet (“Edwin Hubble”), 2004



Sodobni “standardni” kozmološki model – “prapok” in razvoj vesolja

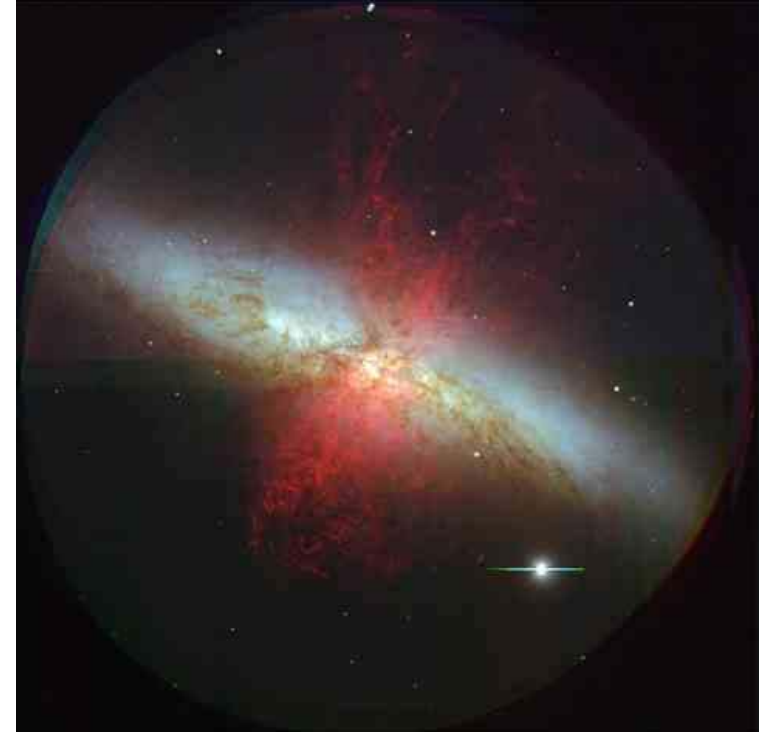
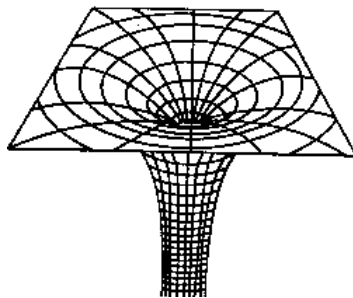
- Na osnovi Einsteinove splošne teorije relativnosti in Friedmannovih modelov, predvsem pa Hubblevega odkritja raztezanja vesolja, se je v 20-ih letih začel oblikovati sodobni “standardni” kozmološki model, splošno znan kot model “prapoka” (ali “velikega poka”).
- Po tem modelu je vesolje na začetku silno gosto in vroče in v teh “prvih treh minutah” (Weinberg) nastajajo - kot posledice “loma simetrij” med štirimi osnovnimi fizikalnimi silami - elementarni delci: v tem procesu nastane največ vodika (cca $\frac{3}{4}$ vse snovi v vesolju) in helija (cca $\frac{1}{4}$), vseh drugih, težjih elementov pa je manj kot en odstotek in nastanejo pozneje, v jedrskih reakcijah v središčih zvezd.
- Prapok je (bil) “povsod”, kozmološki prostor-čas je tu namreč mišljen intrinzično, ne kot “vgnezden” v nekem “zunanem” hiperprostoru-(času) – in zato so običajne ponazoritve, kot na *sliki desno*, malce zavajajoče.
- Sled prapoka je “prasevanje” (Penzias & Wilson, 1965).
- V standardnem modelu nastopata Einsteinova teorija gravitacije in kvantna mehanika, ki pa teoretsko (še) nista kompatibilni – tudi to je razlog, da je sam prapok v strogem pomenu zgolj domneven, saj se znanstvena razlaga konča pri t.i. Planckovem času, ki znaša 10^{-43} s.



Vir slike: Sašo Dolenc, Spika, 1999



Stephen
Hawking
(1942-)



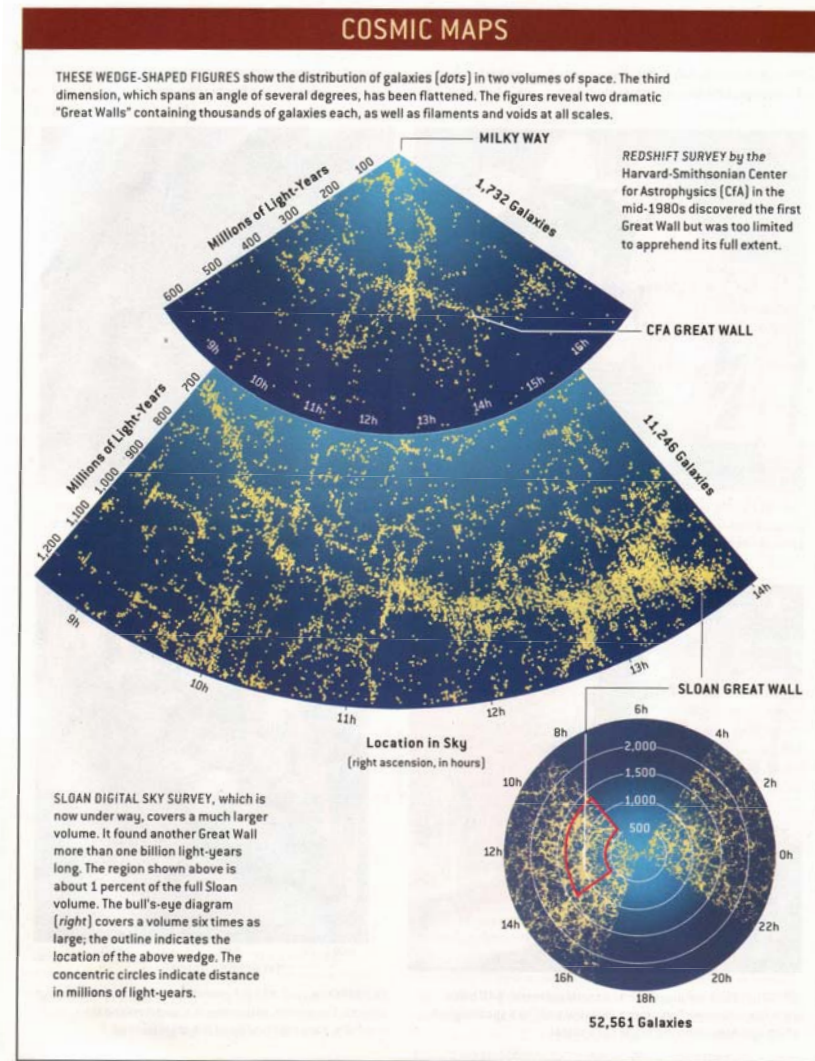
Na sliki je spiralna galaksija M82, v kateri iz še neznanega vzroka (morda tudi zaradi črne luknje v njenem jedru) siloviti "zvezdni vetrovi" ženejo pline v smeri, vertikalni na ravnino diska.

Vir: *Spika*, 2004.

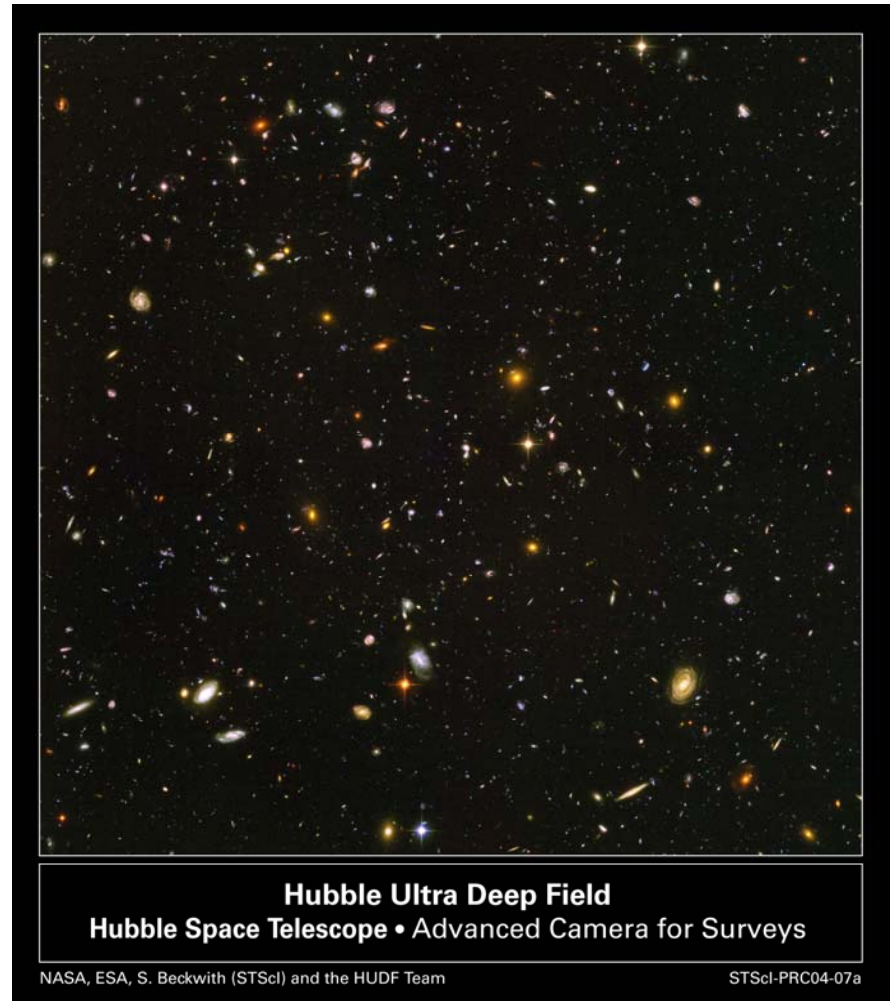
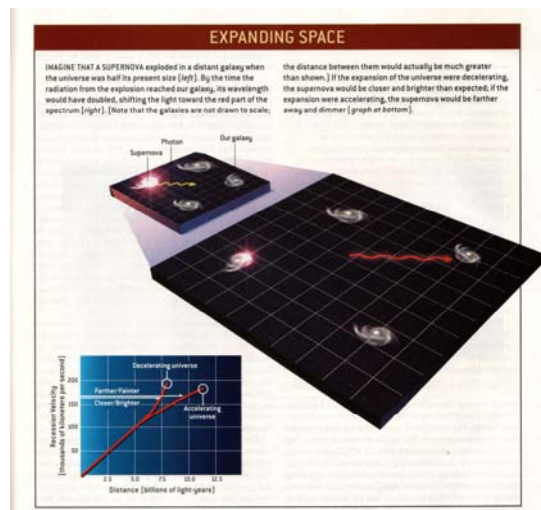
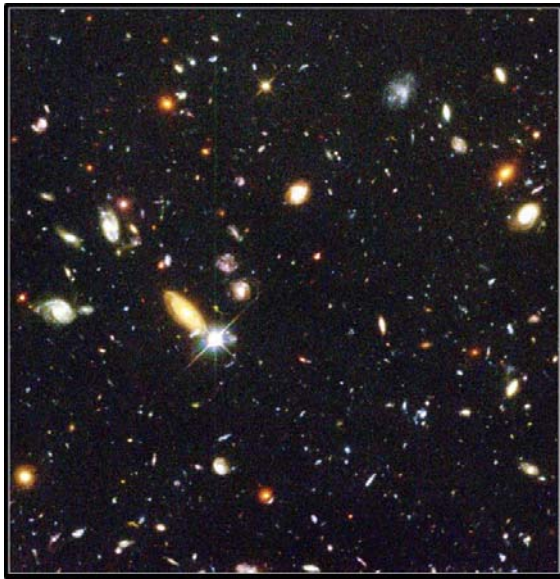
- Hawking, avtor slavne *Kratke zgodovine časa* (1988), je predvsem strokovnjak za teorijo črnih lukenj (slika zgoraj). V '60-letih sta skupaj z Rogerjem Penroseom dokazala, da »črne luknje nimajo las«, pozneje pa je sam Hawking ugotovil, da se v neznansko dolgem času tudi črne luknje izsevajo nazaj v vesoljni prostor.
- V kozmologiji Hawking zagovarja "ateistično" varianto standardnega modela, tj. 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)
- V Hawkingovem »imaginarnem času« je **vesolje brez roba in tudi brez središča, tj. brezmejno v prostoru-času.**

Največje znane strukture v vesolju

- Sodobne astronomske meritve - predvsem s pomočjo eksplozij supernov v drugih galaksijah - omogočajo globinsko kartiranje vesolja.
- Čeprav je vesolje “globalno”, tj. do horizonta, Hubblove sfere, izotropno in homogeno (kar je razvidno predvsem iz “prasevanja”) – in torej velja “kozмолоško načelo” (oziroma posplošeno kopernikansko načelo) – pa se galaktične jate in nadjate strukturirajo v velikanske “zidove” ali “mehurje”, ki so tudi večji od milijarde SL (glej pajčevinaste strukture *na sliki*), med njimi pa so ogromne praznine, v katerih masno/energetska gostota (brez “temne” snovi/energije) ne dosega niti odstotka “kritične” vrednosti; čeprav ta znaša le nekaj atomov na kubični meter, kar ustreza masi enega samega zidaka na kubično svetlobno leto.
- **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!



Hubblev "globoki" (1996) in "najgloblji pogled" (2004)



Hubble Ultra Deep Field
Hubble Space Telescope • Advanced Camera for Surveys

NASA, ESA, S. Beckwith (STScI) and the HUDF Team

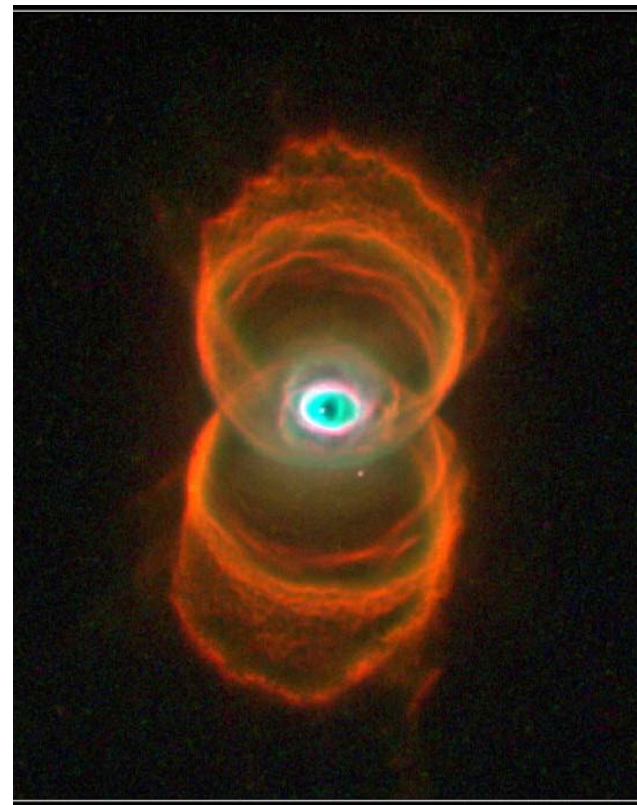
STScI-PRC04-07a

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

Na Hubblevi sliki je kakih 10.000 galaksij (na navidezno "praznem" koščku neba), 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.

»Antropično načelo« (Brandon Carter, 1974)

- Antropično načelo v svoji “močni” varianti se glasi:
»Vesolje (tj. osnovni parametri, od katerih je odvisno) mora biti takšno, da dopušča nastanek opazovalcev znotraj sebe na neki [svoji razvojni] stopnji. Če parafraziramo Descartesa: ***Cogito ergo mundus talis est*** [Mislim, torej svet takšen je].«
- Antropično načelo je poskus “ateistične”, evolucijske razlage “dobre uravnanosti” vesolja za nastanek nas – opazovalcev, razumnih bitij. (*Nota bene*: namen AN ni teološka, niti teleološka, sploh pa ne kaka antropološka razlaga vesolja, čeprav so interpretacije različne.) Gotovo pa je pomembna ponovna **vpeljava človeka, “opazovalca”, “subjekta” v kozmološke modele.**
- Glavna težava antropičnega načela je, da predpostavlja mnoštvo vesolij, »**multiverzum**«, in sicer veliko število drugih vesolij, drugih “prapokov”, kar je gotovo visoka cena za nesmotrnostno razlago “dobre uravnanosti”.
- Alternativa antropičnemu načelu oziroma nesmotrnostnim, evolucijskim razlagam pa ni zgolj teistični Stvarnik, ampak tudi panteistično notranje smotrnostno “vodilo” razvoja vesolja (vesoljni Um, Logos, Dao ...).



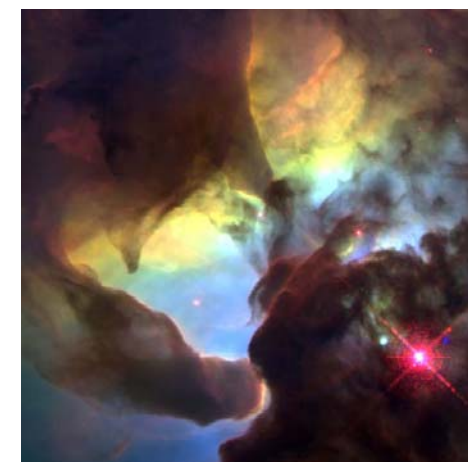
Na sliki je meglica “Peščena ura”, od nas oddaljena 8000 SL. Njene “lupine” iz plina so nastale ob izbruhih iz umirajoče zvezde – presenetljivo nas gleda kakor oko nekega neznanega bitja (posnetek s teleskopa *Hubble*).

Vir slike: NASA, na internetu, 2004.

Zakaj je vesolje tako velikansko in razsrediščeno?

Sedem možnih odgovorov (*inter alia*):

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 porodi 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 ...)



Van Goghova Zvezdna noč

