

Marko Uršič, Teorija simbolnih form, FDV 2010

# Človek in kozmos

simbolne forme v kozmologiji

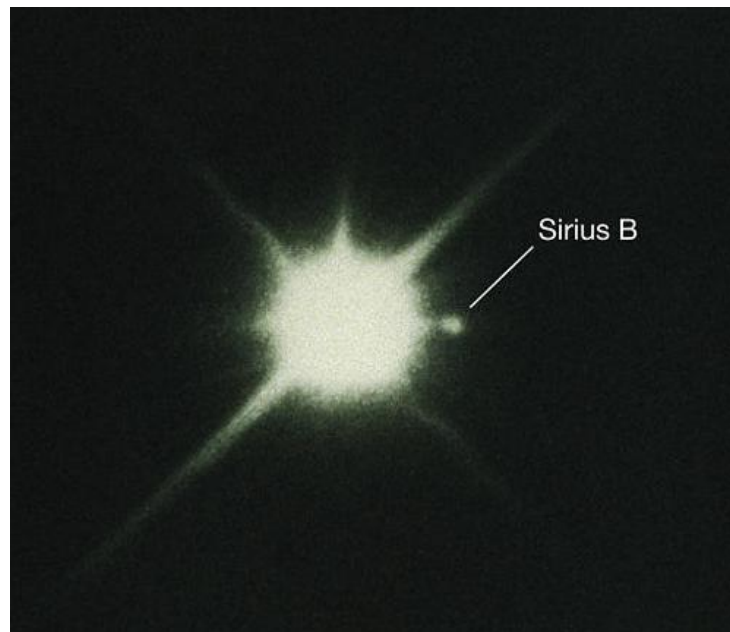
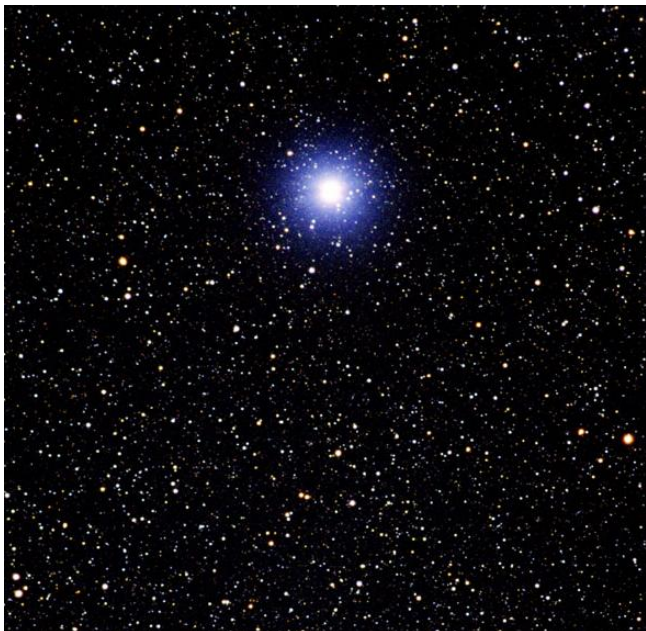
od starih zvezdogledov

do galaksij, “črnih lukenj” in “prapoka”

“Skrinjica draguljev”, zvezdna kopica v Malem Magellanovem oblaku, oddaljena od nas ~ 200.000 svetlobnih let



Sirij, najsvetlejša zvezda “stalnica”, od nas oddaljena 8,6 SL

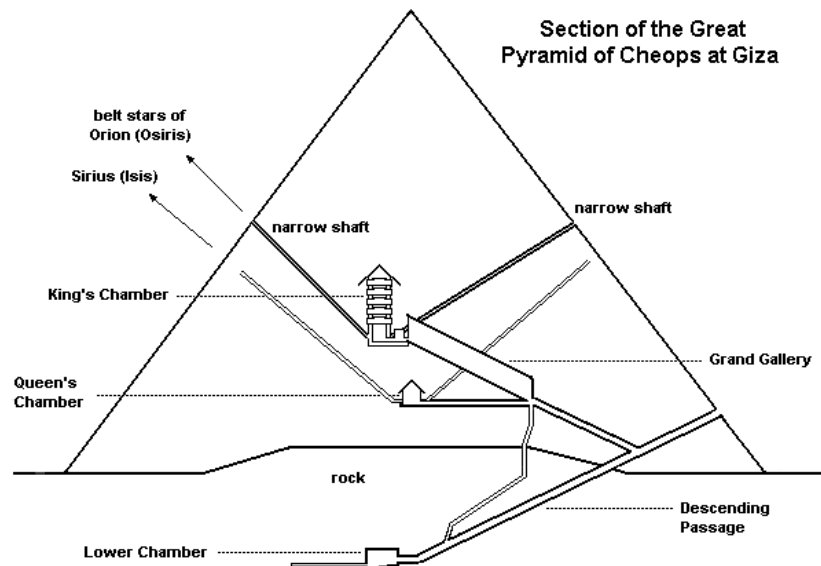
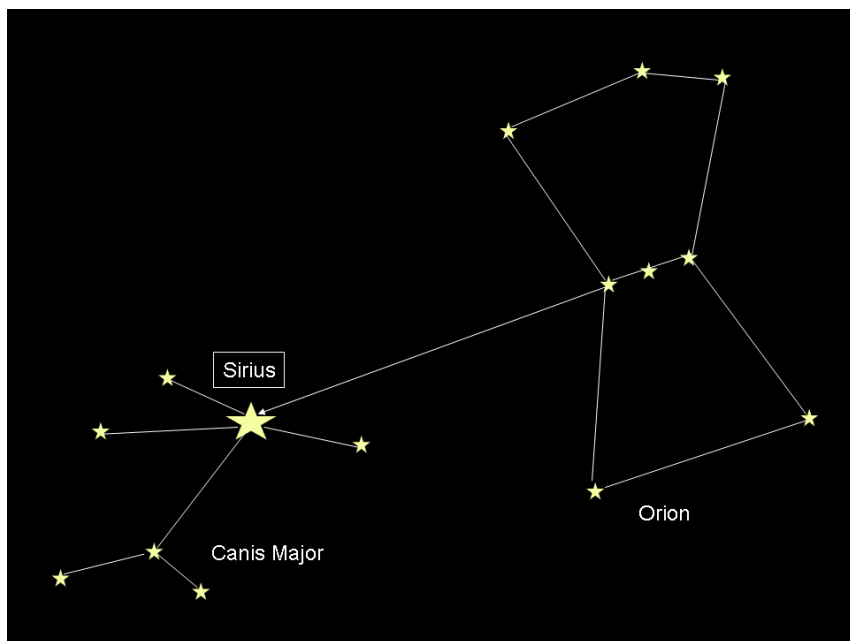


Z močno teleskopsko povečavo šele opazimo, da je Sirij dvojna zvezda: Sirij B je “bela pritlikavka”, tj. zvezda, ki se je že močno skrčila in skoraj ugasnila, zato je po volumnu in svetilnosti videti mnogo manjša od Sirija A, čeprav nima dosti manjše mase.

(*Nota bene*: Tudi zvezde se starajo ...)

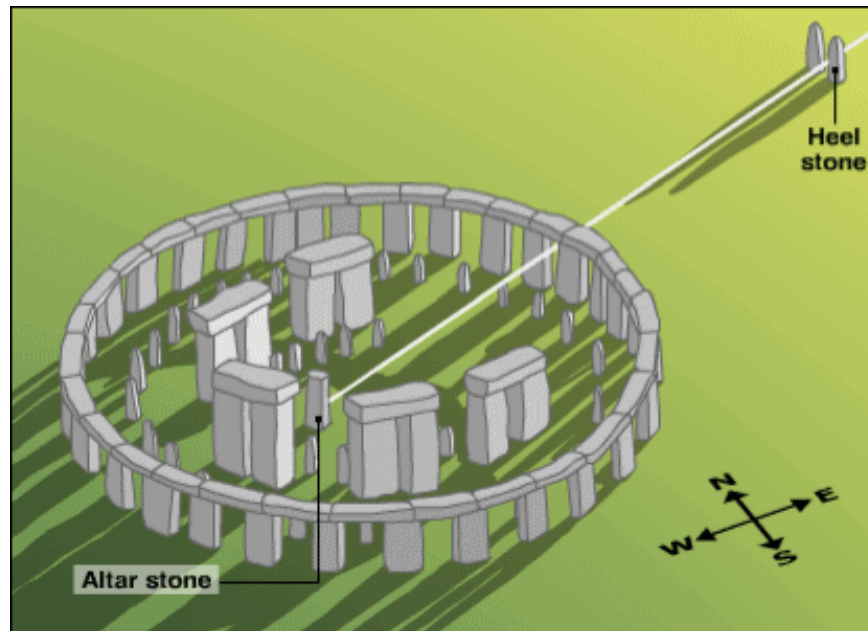
Stari narodi so imenovali Sirij tudi “Pasja zvezda”, ker je glavna zvezda v ozvezdju “Veliki pes” (lat. *Canis maior*).

Egipčani so častili zvezdo Sirij (Sothis) kot “Izidino zvezdo”, tri zvezde v Orionovem pasu pa kot “Ozirisove zvezde”



V Keopsovi piramidi (~ 2500 pr. n. š.) je iz faraonove grobne celice usmerjen svetlobni jašek proti zvezdam Orionovega pasu, iz kraljičine celice pa proti Siriju, namreč takrat, ko ta zvezda doseže svojo najvišjo točko nad obzorjem.

# Stonehenge, Anglija, ~ 2500 pr. n. š.



Ob sončnem vzhodu na poletni solsticij (21. junija) pade žarek natančno na "Oltarni kamen" <Altar stone>; če gledamo iz tega središča, Sonce vzide nad "Petnim kamnom" <Heel stone, slika desno> oz. le malce levo od njega, zato domnevajo, da sta bila tam dva kamna.



*Menhiri* (tj. veliki stoječi kamni) v Carnacu (Bretanja, Francija)

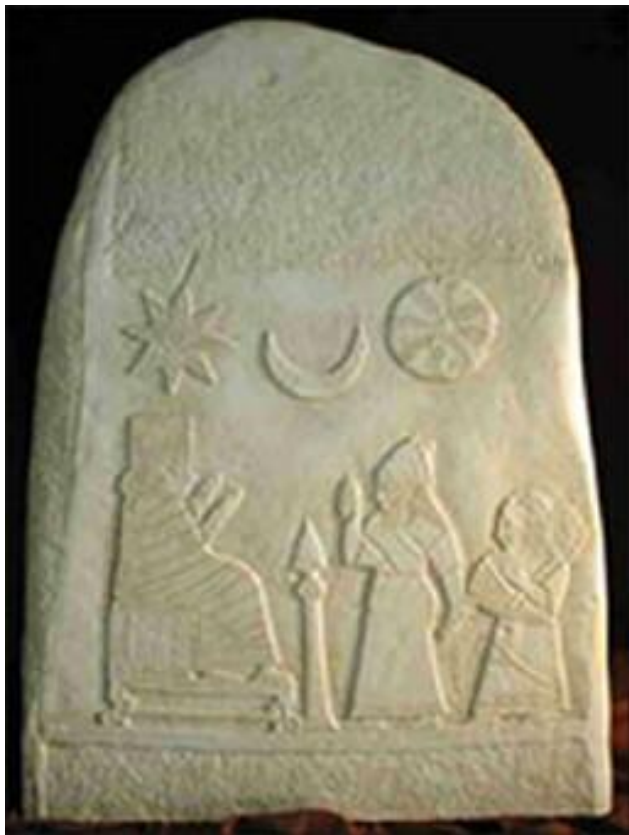


V bretonskem Carnacu stoji okrog tri tisoč kamnov iz 3. tisočletja pr. n. š.; *menhiri* so postavljeni v vrste, zato arheologi domnevajo, da so bili nekako povezani z astronomskimi opazovanji.

*Moai*, kipi na Velikonočnih otokih, nastali med 10. in 15. st.



## Babilonski zvezdogledi



V stari Babiloniji je nastala tudi astrologija (zvezdna znamenja itd).



Sv. Trije kralji (perzijski magi?) sledijo Zvezdi,  
mozaik v baziliki Sant'Appolinare Nuovo, Ravenna, 6. st.



# Sedem nebesnih teles v vesoljnem krogu



7 nebesnih teles = Sonce + Luna + 5 planetov (Merkur, Venera, Mars, Jupiter, Saturn).

Stari so občutili čudenje in “strahospoštovanje” do neba.

Immanuel **Kant** (pozno 18. st.) je zapisal besede, ki so postale moto v njegovo filozofijo:

**“Zvezdno nebo nad menoj in moralni zakon v meni”**  
– to je tisto najvišje, kar lahko kot človek spoznam.

*Dvanajst “mojstrov” pod nebom planetov, iluminirani rokopis, Limburg, 1370.*

**Hiparh** iz Nikeje, največji grški opazovalni astronom, 2. st. pr. n. š.

Filozof **Platon** (4. st. pr. n. š) v poznem spisu *Epinomis* pravi:  
“Narava zvezd je najlepša na pogled – v popotovanju in plesu, ki je najlepši in najveličastnejši od vseh plesov in ki naredi vse, kar potrebujejo živa bitja. Res po pravici govorimo, da imajo zvezde dušo.” (982e)

“Srečen človek ... bo postal motrilec <*theorós*> najlepših resničnosti, ki so dostopne vidu.” (986c)

Zato “mora biti resničen astronom najmodrejši.” (990a)



krater Hipparchus na Mesecu  
(veliki na desni z manjšim znotraj)

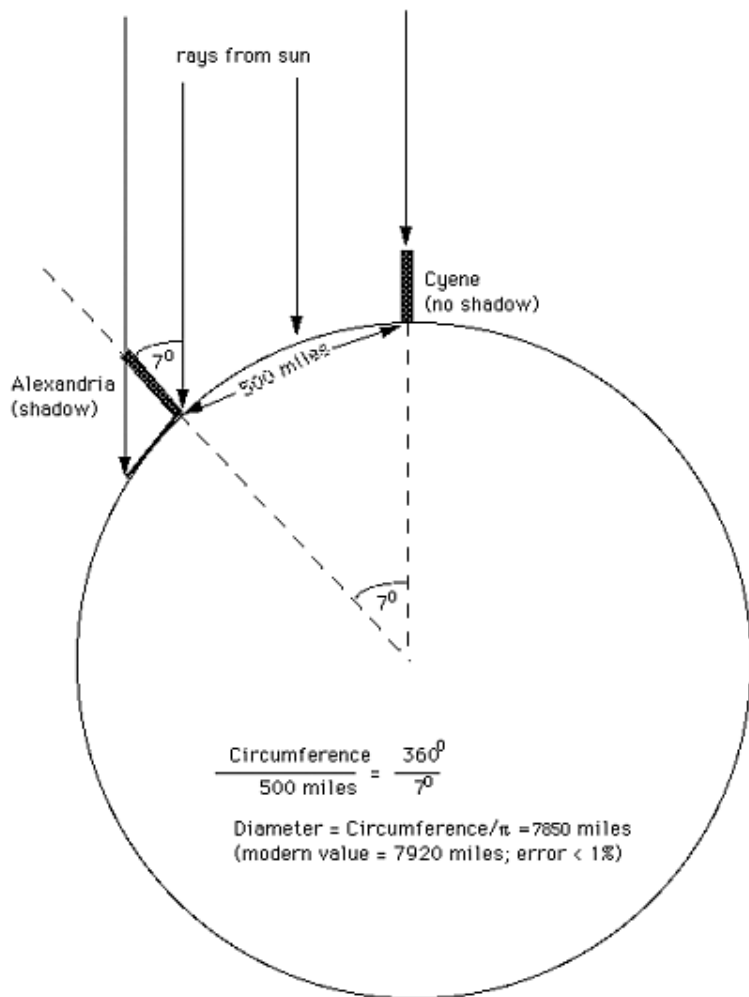
# Zverinjak na nebu



Grki so imeli tudi izredno domišljijo: kaj vse so videli na nebu!  
Večino ozvezdij so imenovali Grki, danes jih večinoma poznamo v latinski obliki.  
Na desni sliki zgoraj je Veliki medved (*Ursa maior*), bolj znan kot "Veliki voz".

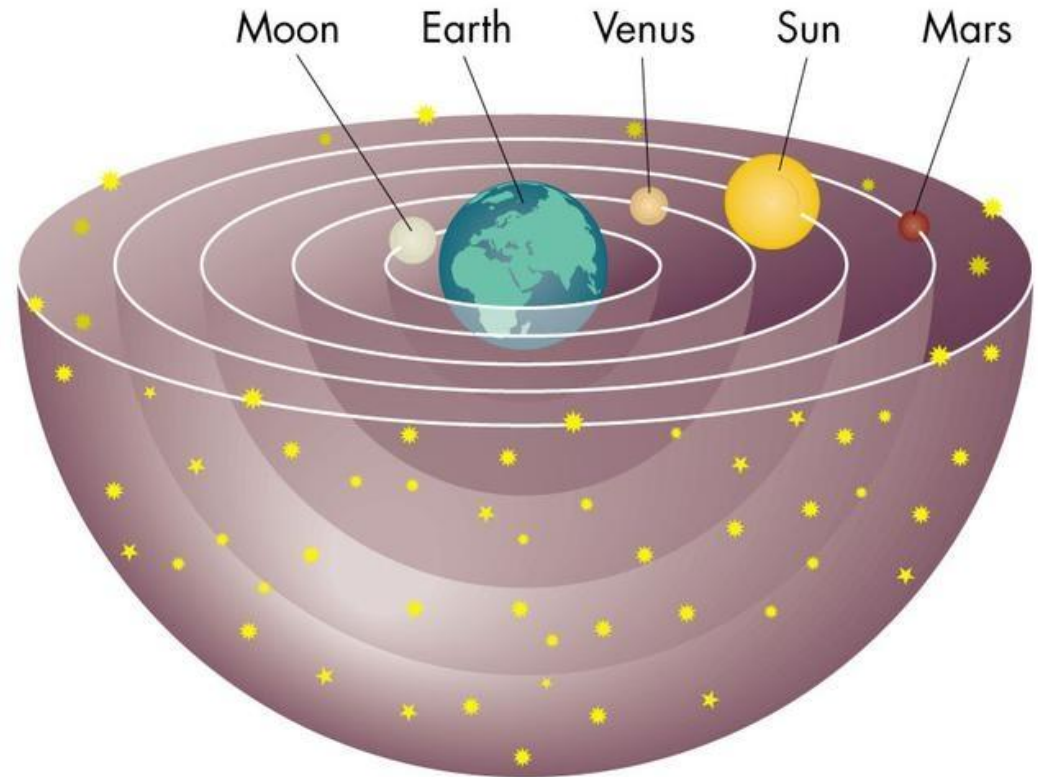
# Merjenje velikosti Zemlje s sencami in geometrijo

Eratosthenes Method of Measuring the Diameter of the Earth



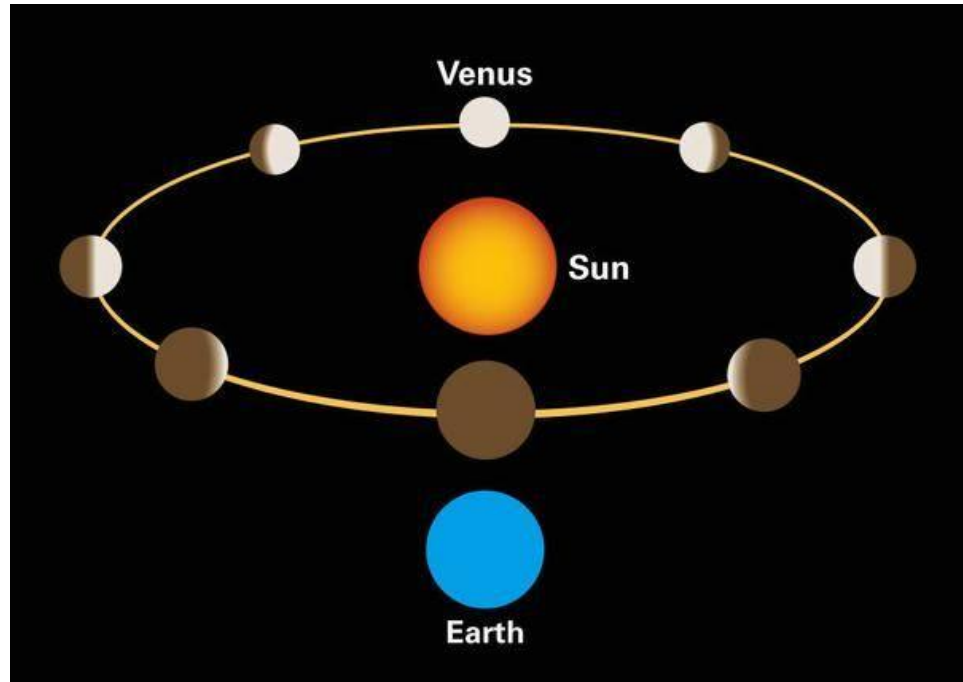
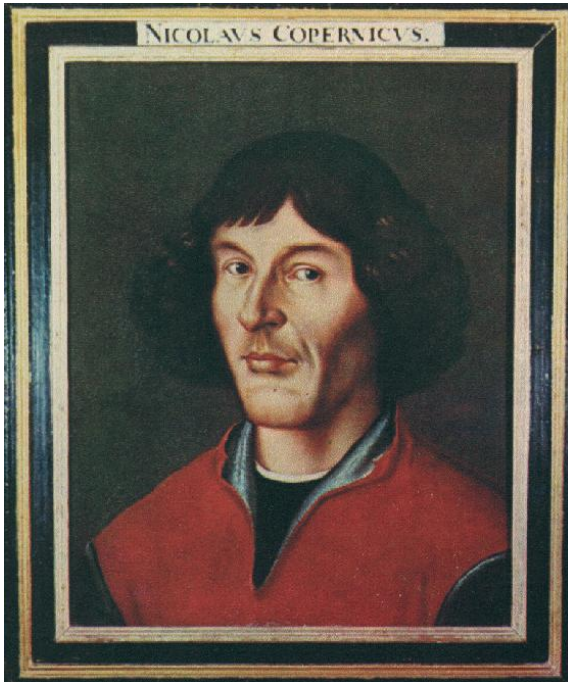
**Eratosten** iz Kirene (3. st. pr. n. š.) je prvi dokaj natančno izmeril velikost Zemlje s pomočjo senc(e) dveh enako visokih palic, opoldne istega dne na različnih geografskih širinah. Če je znana razdalja med krajema, lahko iz višine senc(e) izračunamo obseg oz. radij Zemlje.

## Ptolemajev (2. st. po Kr.) geocentrični sistem



Najvišja “nebesna sfera” v geocentričnem kozmosu je osma “sfera zvezd stalnic” (pod njo oz. znotraj nje je 5 planetnih sfer + sončeva + lunina).

## Kopernikov heliocentrični sistem (1543)



*Desna slika:* Venerine mene, ki so jih opazili po odkritju teleskopa, lepo razložimo s tem, da je Sonce v središču sistema, Zemlja kroži okrog Sonca (velikosti na sliki so seveda daleč od dejanskih), Venera pa tudi kroži okrog Sonca po orbiti, ki je bližja Soncu od Zemljine orbite.

“Zvezde so druga sonca!”



Giordano Bruno  
(1548-1600)

*Na desni sliki je zvezdna kopica, imenovana “Gostosevci” (ali Plejade).*



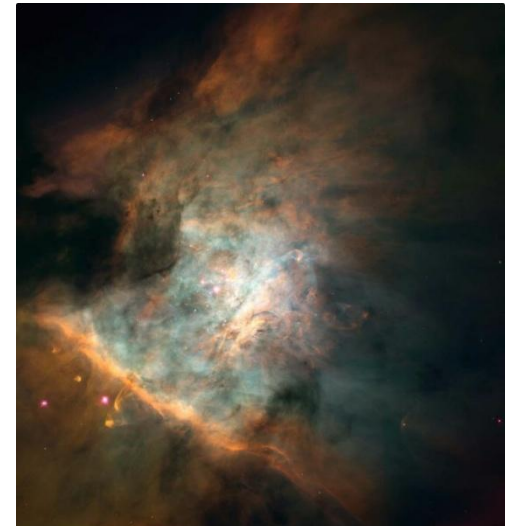
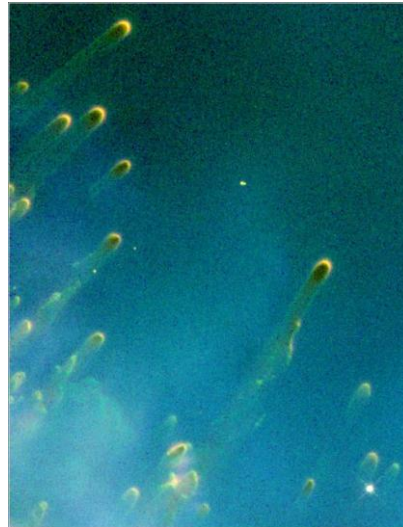
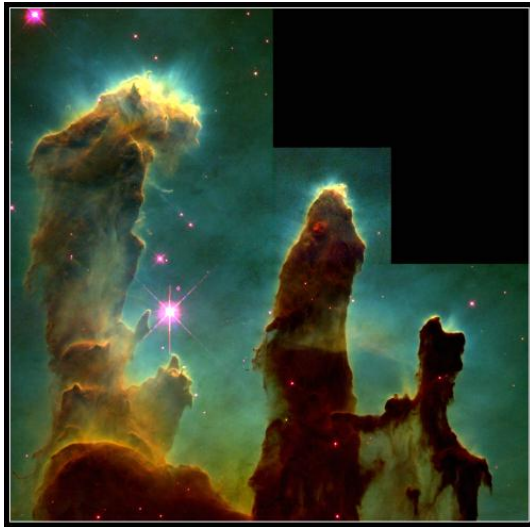


# Hubblor vesoljski teleskop, lansiran v orbito 1990

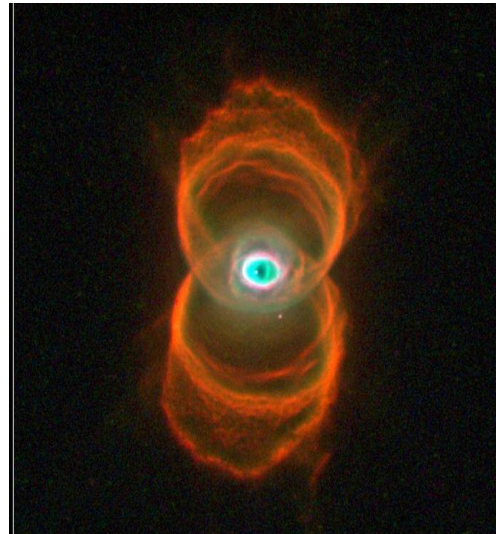
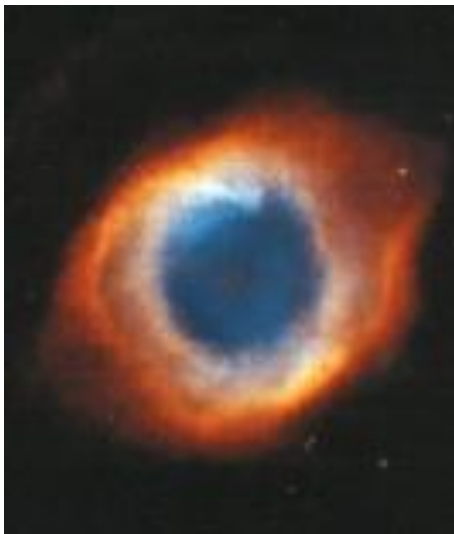
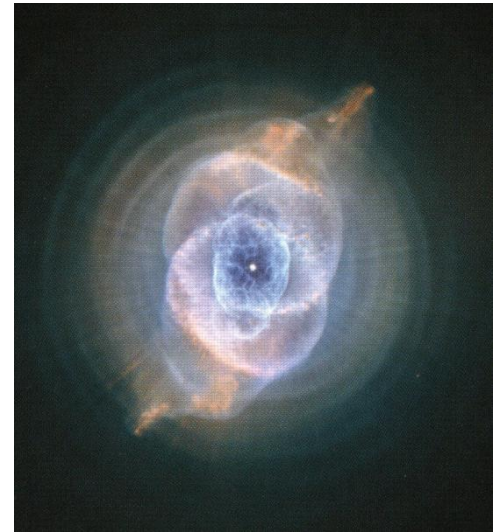


S82E5937 1997:02:19 07:06:57

# Rojstva zvezd



# Smrti zvezd



Vir: internet

## »Nastali smo iz zvezdnega prahu«



Meglice plina (večinoma vodika) v južnem ozvezdju Jadro (*Vela*) so ostanki eksplozije zvezde supernove pred približno 12.000 leti.

Sredi meglice je od zvezde ostal pulzar, majhna, silno gosta nevtronska zvezda, ki "pulzira" in je od nas oddaljena "komaj" 1500 svetlobnih let.

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

# Galaksija v Andromedi je “dvojčica” naše lastne Galaksije

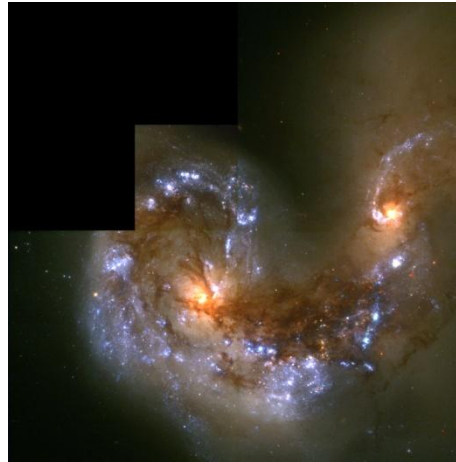
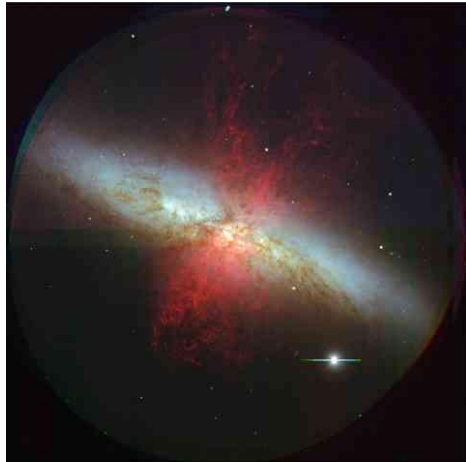


Naša lastna Galaksija, Mlečna cesta, kakor jo vidimo v infrardeči svetlobi (slika je mozaično sestavljena, vir. Spika, 2004).

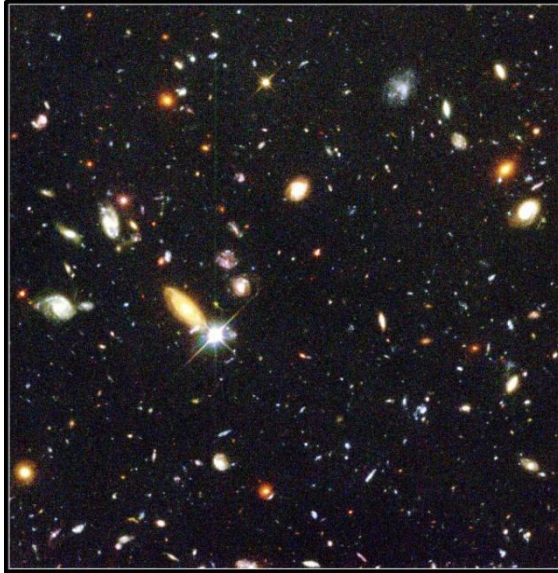
Velika spiralna galaksija M 31 v ozvezdju Andromede je kot “meglica” (nebula) vidna s prostim očesom, vendar so dokazali, da je druga galaksija, šele v 20. st. Ta “dvojčica” naše Mlečne/Rimske ceste je od nas oddaljena približno 2,3 milijona svetlobnih let (SL) in v premeru (tako kot naša) meri več kot 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, “Hubblove sfere” z radijem  $\sim 14$  milijard SL je več kot 100 milijard galaksij.

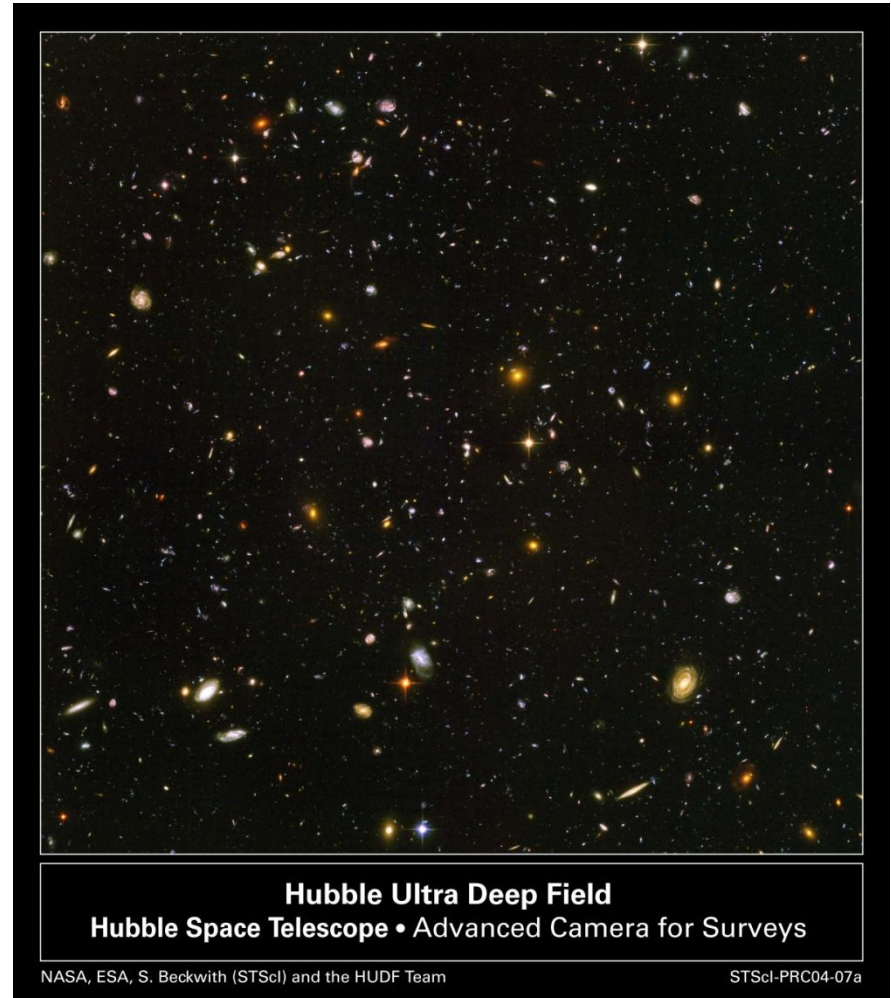
# Galaksije: spiralne, sferične, eliptične ...



# Hubbllov "globoki" (1996) in še globlji pogled (2004)



Na desni sliki 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

... v tako velikanskem vesolju se dogaja marsikaj nenavadnega, npr.:  
eksplozija supernove 1987A v Velikem Magellanovem oblaku



Vir: Abell, Morrison Wolff, *Universe*, 1994



Meglica Rakovica, ostanek eksplozije supernove iz leta 1054  
sredi meglice je nevtronska zvezda - pulzar

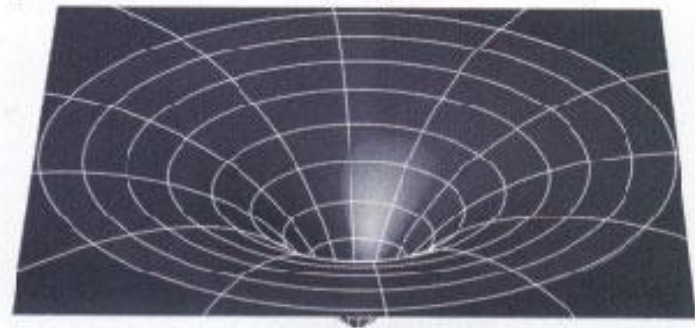


# Kako nastane “črna luknja”?

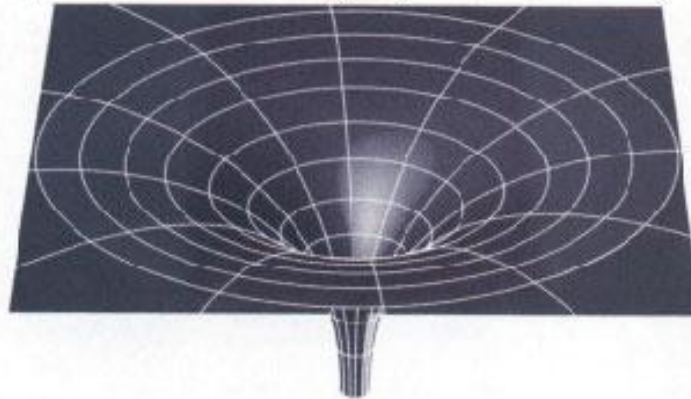
današnji prostor-čas okoli Sonca



prostor-čas okoli Sonca stisjenega na velikost bele pritlikavke

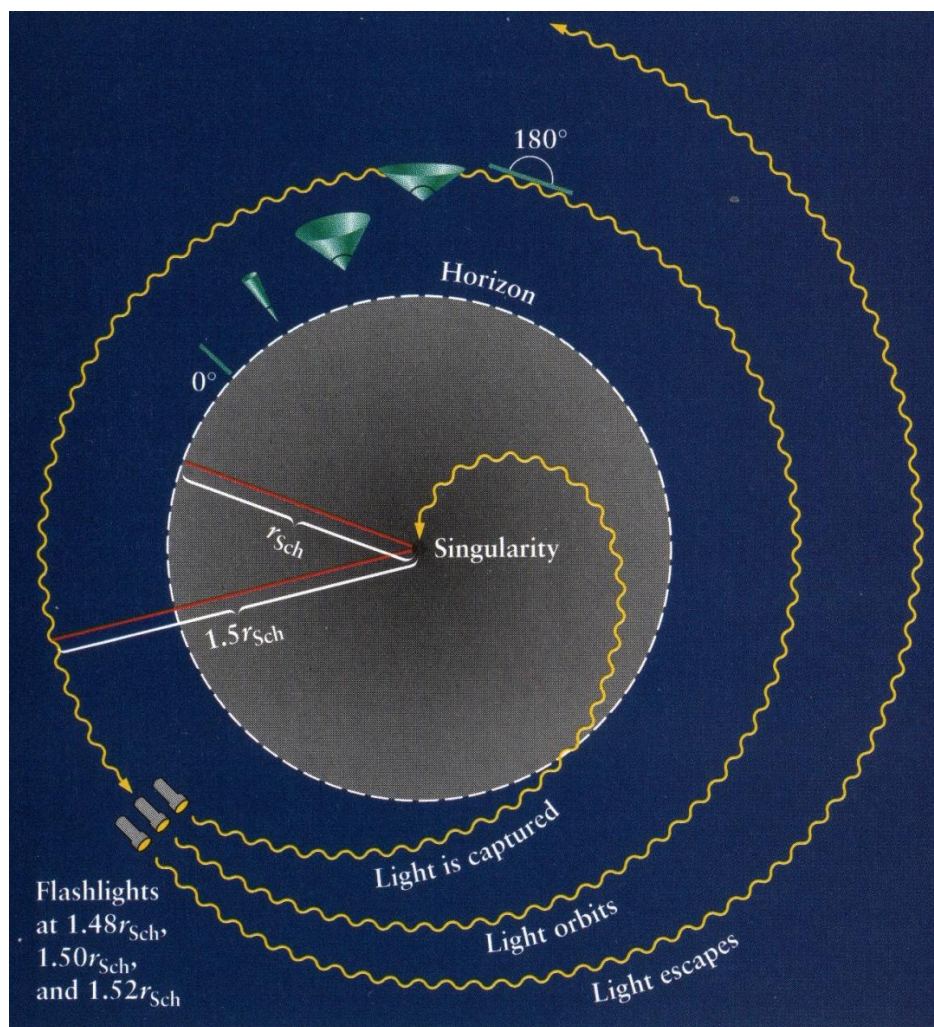


prostor-čas okoli Sonca stisjenega na velikost črne luknje



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

# Kaj je pravzaprav “črna luknja”?

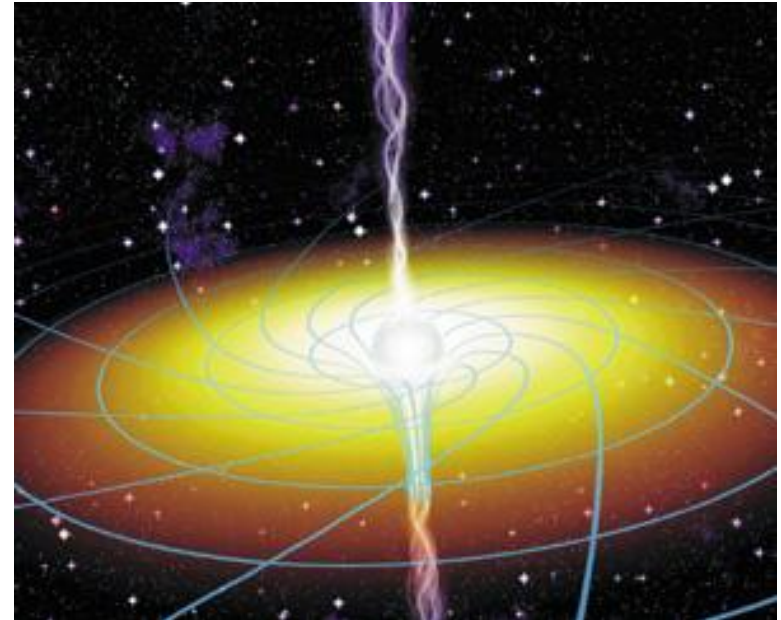
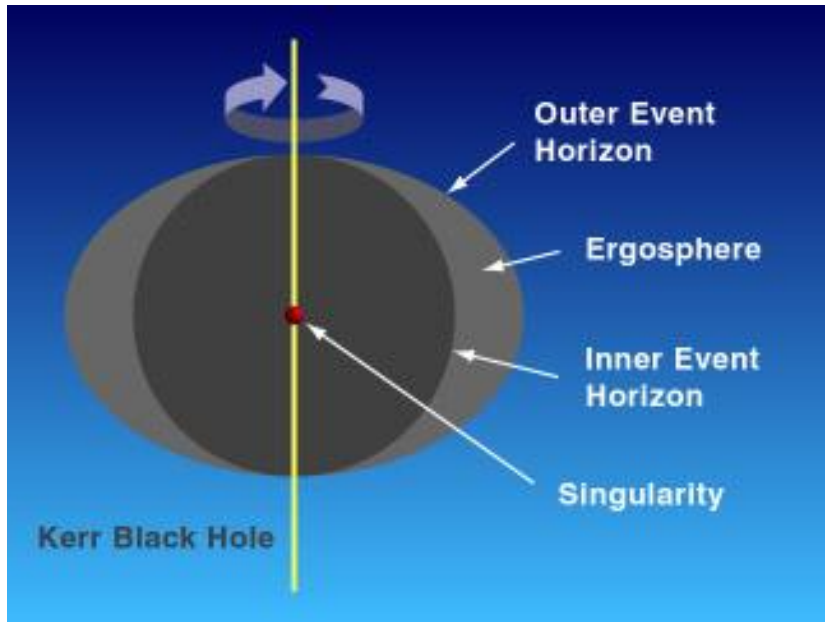


Na sliki je dvodimenzionalni model (“tloris”) črne luknje: “**horizont dogodkov**”, tj. rob črne luknje (z radijem ~ nekaj deset kilometrov) je na sliki zamejen s prekinjeno črto, na sredini pa je “**singularnost**”, zgolj hipotetična točka z neskončno gostoto snovi in/ali energije (?) oziroma z neskončno ukrivljenim prostorom-časom.

Tri valovite črte kažejo možne poti žarkov iz treh reflektorjev v orbiti izven “črne luknje” (na razdalji 1,5 radija horizonta dogodkov).

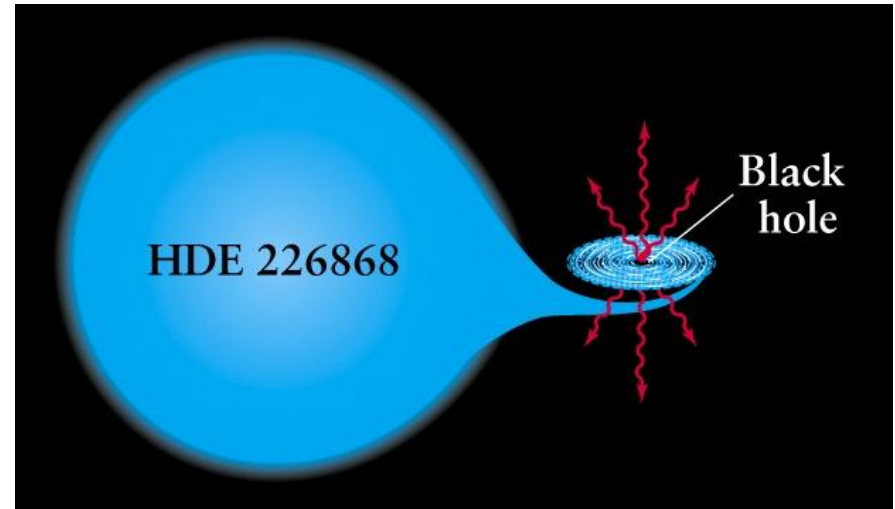
Toda takšna je samo “idealna” (mirujoča, homogena) črna luknja, v naravi pa se vse vrtili ....

## Je črne luknje sploh možno videti?



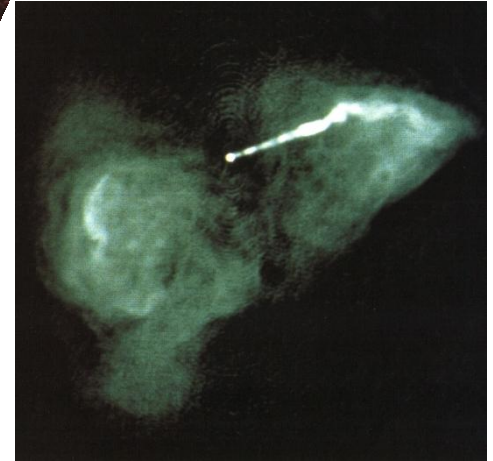
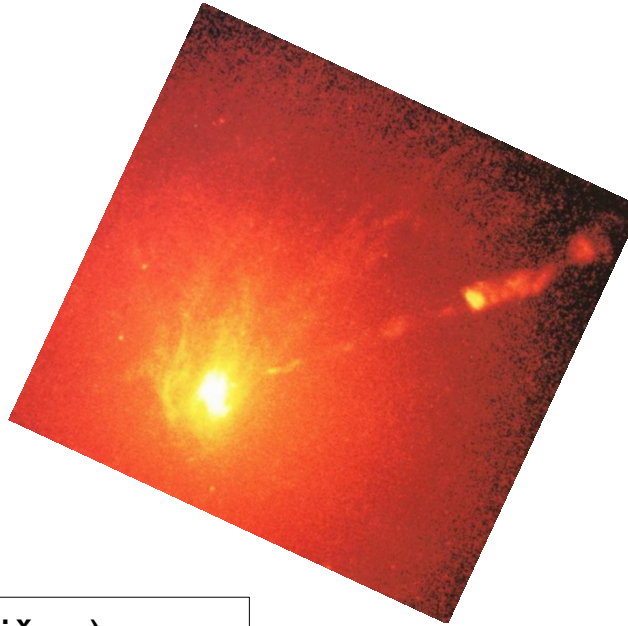
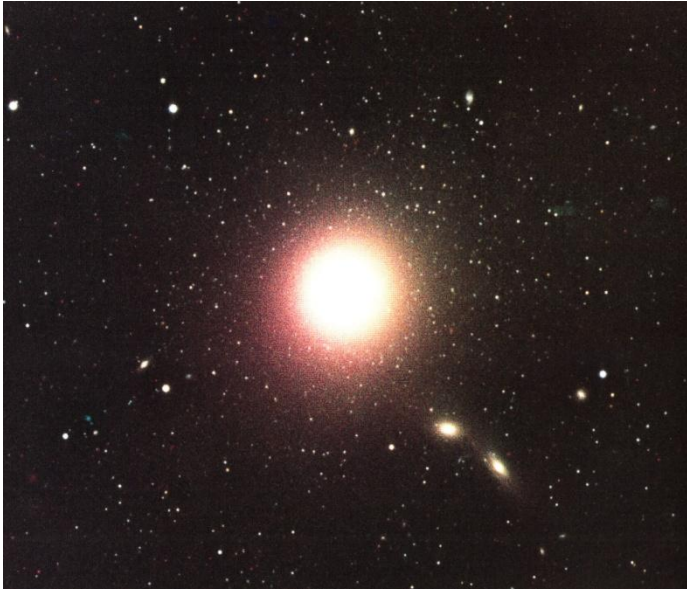
Črne luknje se vrtijo, tako kot vsa druga nebesna telesa, in zato črna luknja sveti: sije njena okolica, njen “akrecijski disk”, poleg tega iz nje prihajata vertikalna curka sevanja. Ne vidimo torej same črne luknje, ampak nanjo sklepamo iz dogodkov v okolici. (Obe skici sta z interneta.)

# Ali črne luknje res obstajajo?

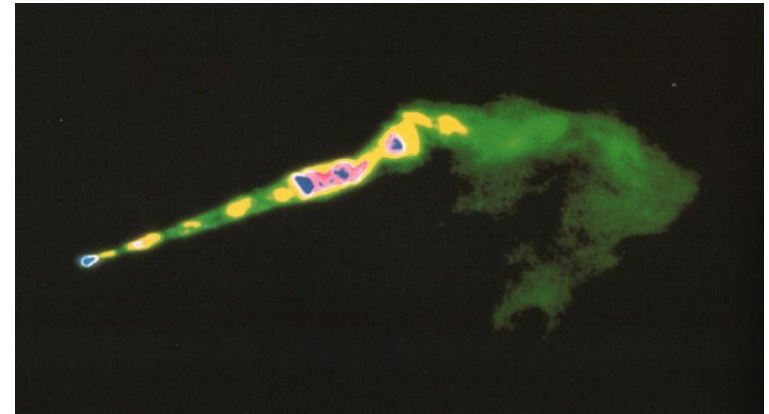


Astrofiziki predvidevajo, da zvezdne črne luknje najpogosteje nastanejo v dvozvezdju, v katerem je ena zvezda “rdeča velikanka” (na risbah je modra), druga pa je črna luknja, ki “krade” sestri snov. Zaradi segrevanja snovi pri vrtničenju sije “akrecijski disk” črne luknje v visokih frekvencah (X-žarki idr.). Sama črna luknja je nevidna.

# Galaktične črne luknje



Velikanska eliptična (skoraj sferična) galaksija z oznako M 87 je največja v galaktični jati v ozvezdju Device, ki šteje več kot 1000 galaksij. Po obsegu je vsaj 10x, po masi pa vsaj 300x večja od naše. Diferencialne slike (zgoraj *in desno*), predvsem v radijskem delu spektra, pokažejo silen curek elektronov, ki s hitrostjo več kot  $c/2$  brizga iz galaktičnega jedra, v katerem je (zelo verjetno) črna luknja z maso 3 milijarde Sončevih mas.



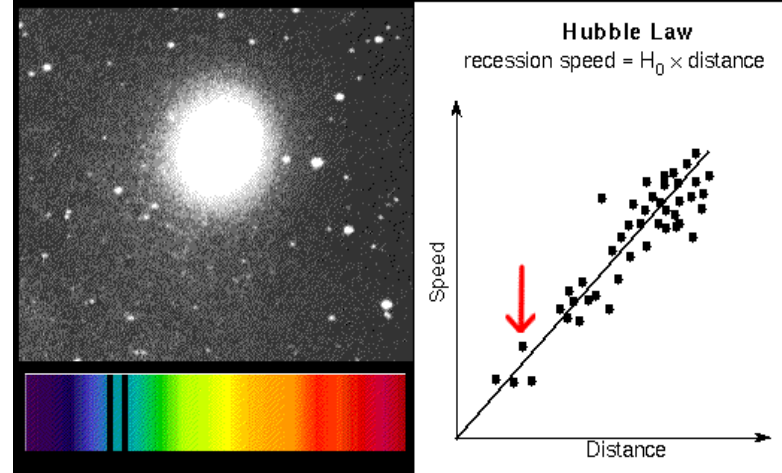


# Edwin Hubble

(1889-1953)

Hubblev zakon (1929):

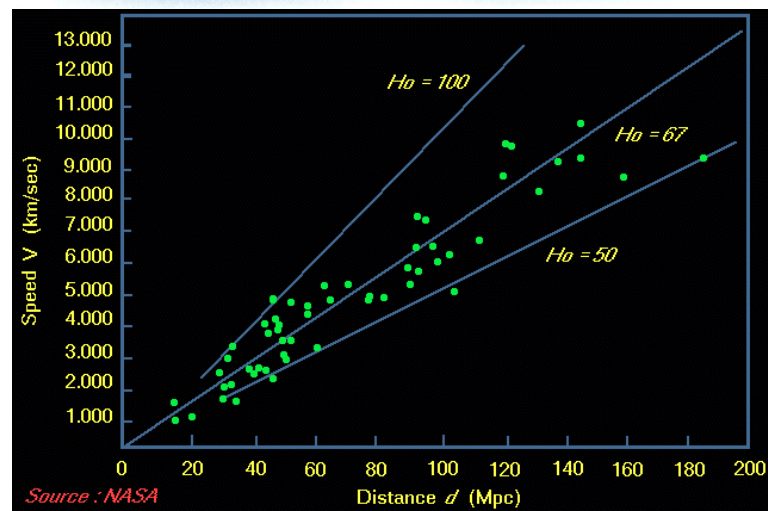
$$v = H_0 \cdot d$$



- 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).

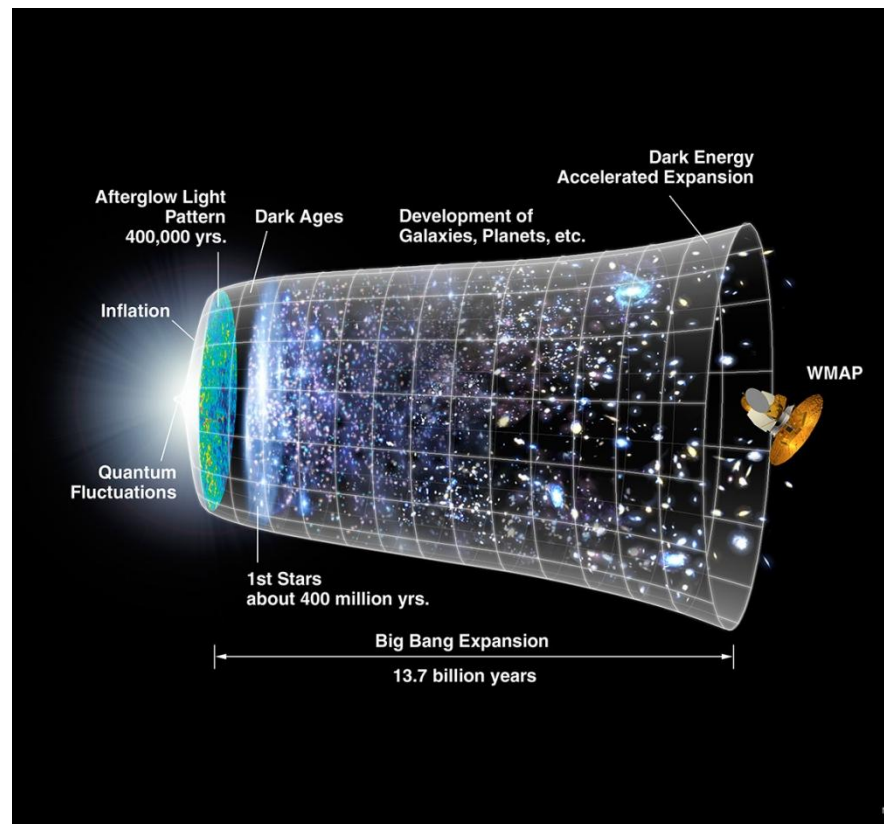


Vir slik: internet ("Edwin Hubble"), 2004

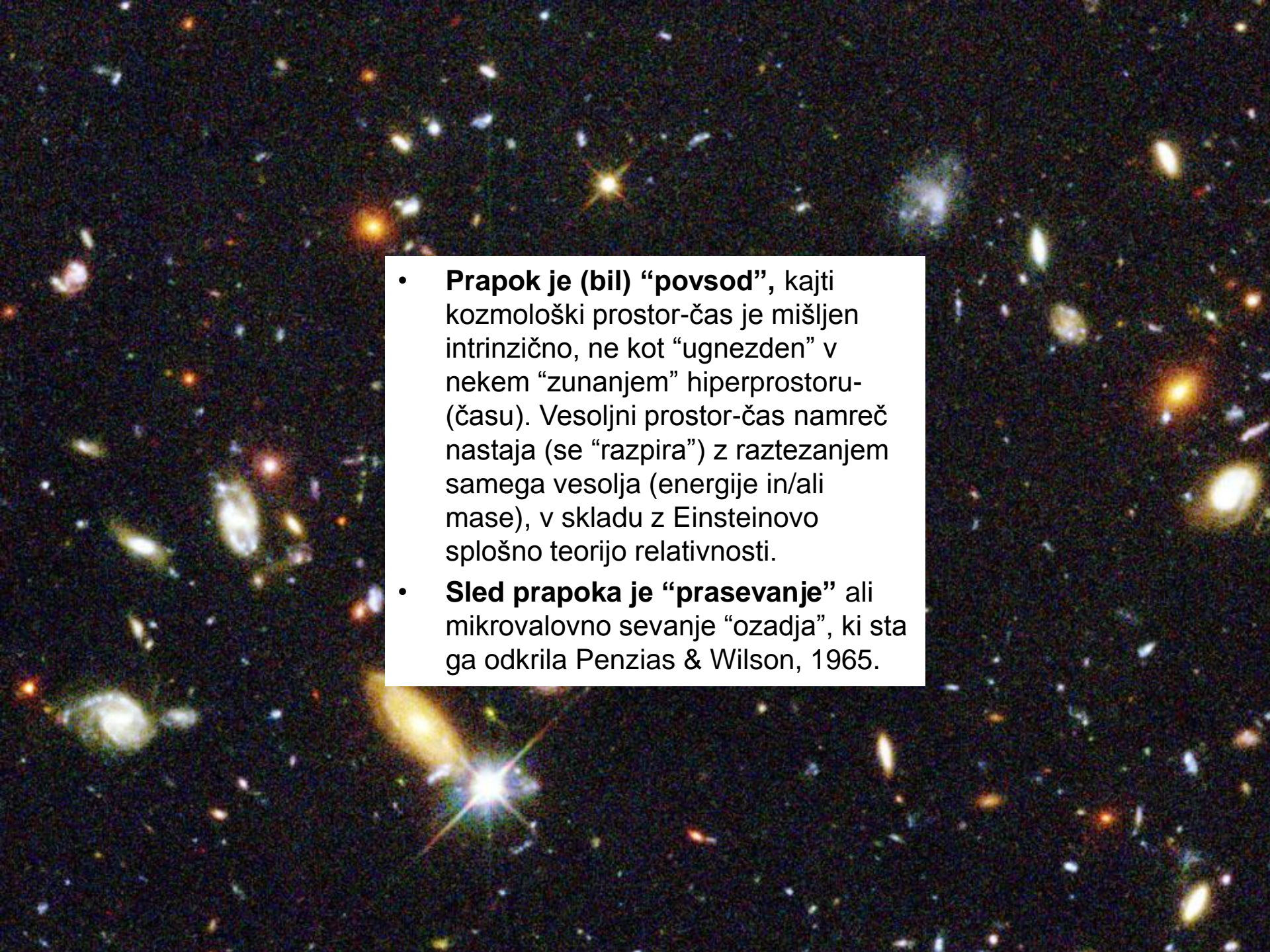


# Sodobni “standardni” kozmološki model: “prapok” in razvoj vesolja

- Na osnovi Einsteinove splošne teorije relativnosti in Hubblovega odkritja raztezanja vesolja, se je v 20-ih letih začel oblikovati sodobni “standardni” kozmološki model, splošno znan kot **model “prapoka”** (ali “velikega poka”).
- Po standardnem modelu je vesolje na začetku, v “prvih treh minutah” (Weinberg), **silno gosto in vroče**, je kakor “ognjena krogla”. Ko se ohlaja, se “**lomijo simetrije**” med štirimi osnovnimi fizikalnimi silami, 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 ( $\approx \frac{1}{4}$ ), vseh ostalih elementov pa je manj kot en odstotek in nastanejo mnogo pozneje, v središčih zvezd.



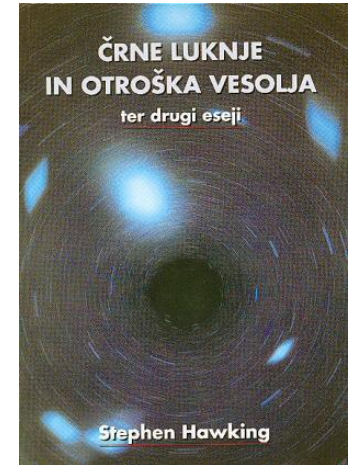
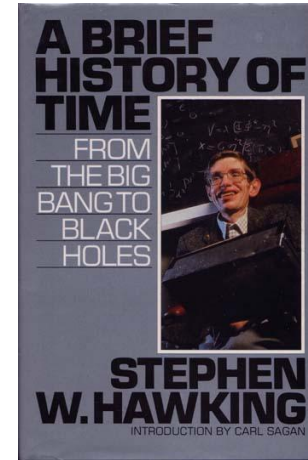
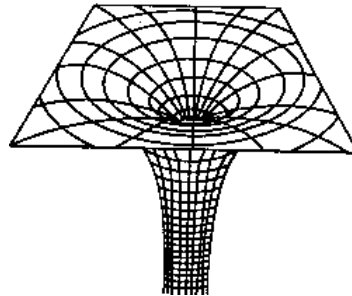


- 
- **Prapok je (bil) “povsod”**, kajti kozmološki prostor-čas je mišljen intrinzično, ne kot “ugnezden” v nekem “zunanjem” hiperprostoru-(času). Vesoljni prostor-čas namreč nastaja (se “razpira”) z raztezanjem samega vesolja (energije in/ali mase), v skladu z Einsteinovo splošno teorijo relativnosti.
  - **Sled prapoka je “prasevanje”** ali mikrovalovno sevanje “ozadja”, ki sta ga odkrila Penzias & Wilson, 1965.

# Povezava prapoka s črnimi luknjami



Stephen  
Hawking  
(1942-)



- Hawking, avtor slavne *Kratke zgodovine časa* (1988), je največji sodobni strokovnjak za teorijo črnih lukenj. V svojih delih **povezuje črne luknje s prapokom**, ki ga nekateri kozmologi pojmujejo kot kozmično “belo luknjo”.
- V poznejših delih je Hawking do te povezave kritičen, kajti med črnimi luknjami in prapokom gotovo obstajajo zanimive podobnosti, vendar tudi razlike (različna je npr. **smer časa**: krčenje zvezde – raztezanje vesolja).
- Sicer pa Hawking v kozmologiji 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, poudaril M.U.)

# “Črna luknja” kot simbolna forma



René Magritte, *Lažno zrcalo*, 1928