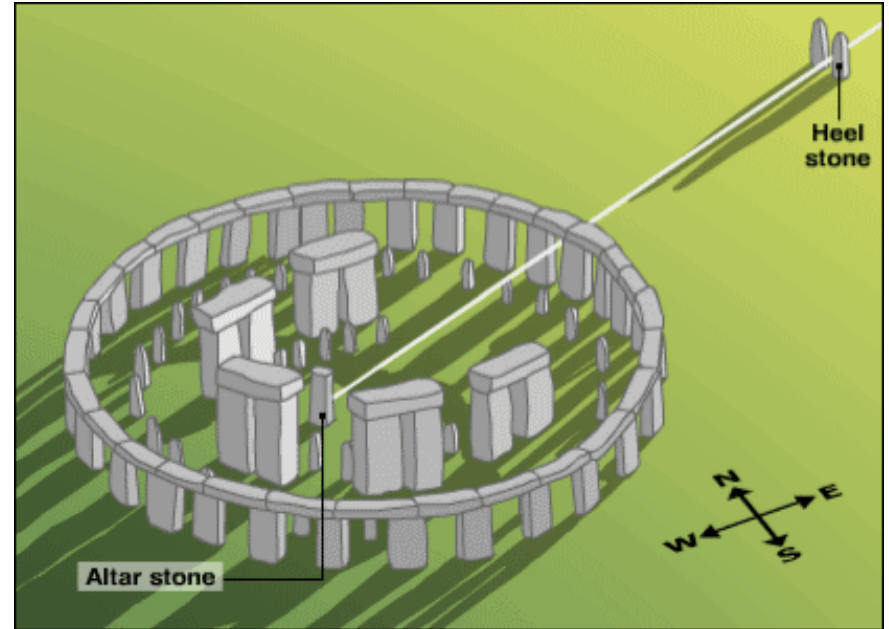


Od sferičnega kozmosa do neskončnega univerzuma



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.

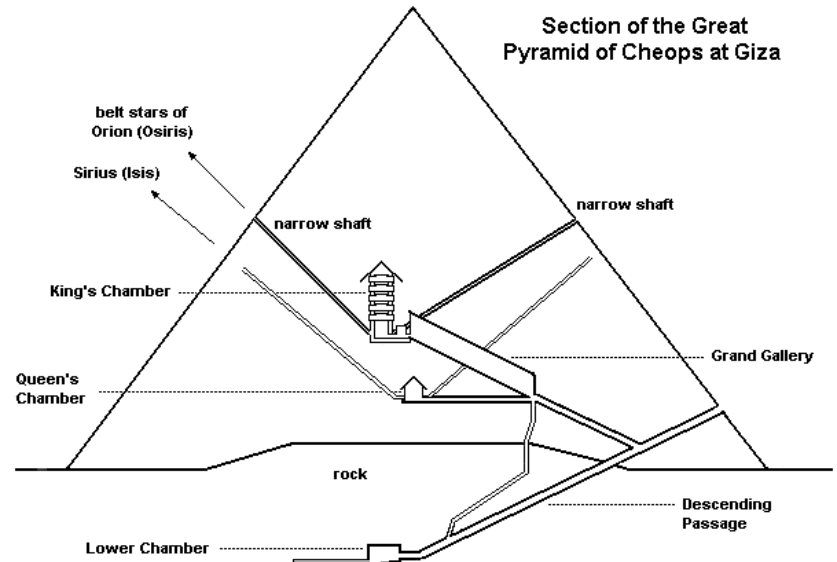
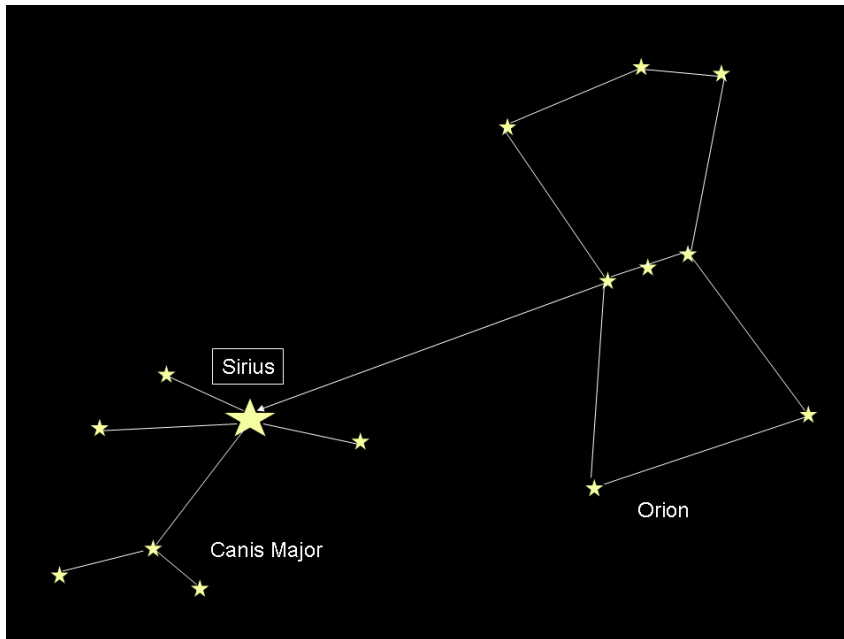


Menhiri (tj. veliki stoječi kamni) v Carnacu (Bretanja, Francija)



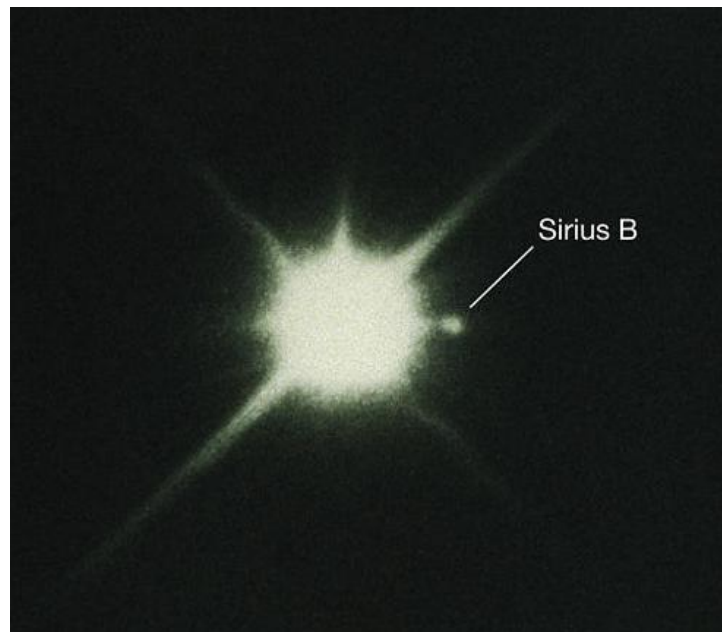
V bretonskem Carnacu stoji okrog tri tisoč kamnov iz 3. tisočletja pr. n. š.; *menhiri* so postavljeni v vrste, zato arheologi domnevajo, da so bili nekako povezani z astronomskimi opazovanji.

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.

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



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*).

Babilonski zvezdogledi



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

Grški mitološki imaginarij na nebu

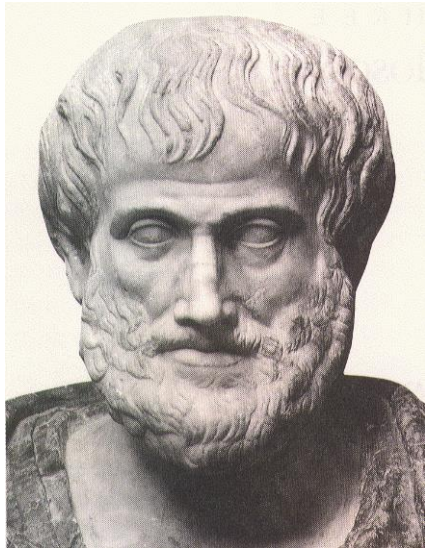


Grki so imeli izredno domišljijo: kaj vse so videli na nebu!
Večino ozvezdij so imenovali Grki, danes jih večinoma poznamo v latinski obliki.
Na desni sliki zgoraj je Veliki medved (*Ursa maior*), bolj znan kot “Veliki voz”.

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



Aristotelov kozmos v knjigi *O nebu* (*Peri ouranou, De caelo*), prev. P. Češarek



nebo (*Cael.* 1/8, 1/10, 2/1, 2/4):

- nebo je **eno** (vendar: sublunarni / supralunarni nebesni prostor)
- nebo je **večno** (ker je večno gibanje, kroženje, čas):
"Da celotno nebo torej ni niti nastalo niti se ga ne da uničiti, kot nekateri menijo, temveč je eno in večno, skozi ves vek (*aion*) od začetka do konca, in da v sebi vsebuje in obsega ves neskončen čas, se da zanesljivo spoznati" (283b26-30).
- nebo je **sferično** (in dokazi proti dejanski neskončnosti neba):
"Nebo mora imeti okroglo obliko in to zato, ker je le-ta najbližja njegovi biti in ker je prva po naravi." (286b10).

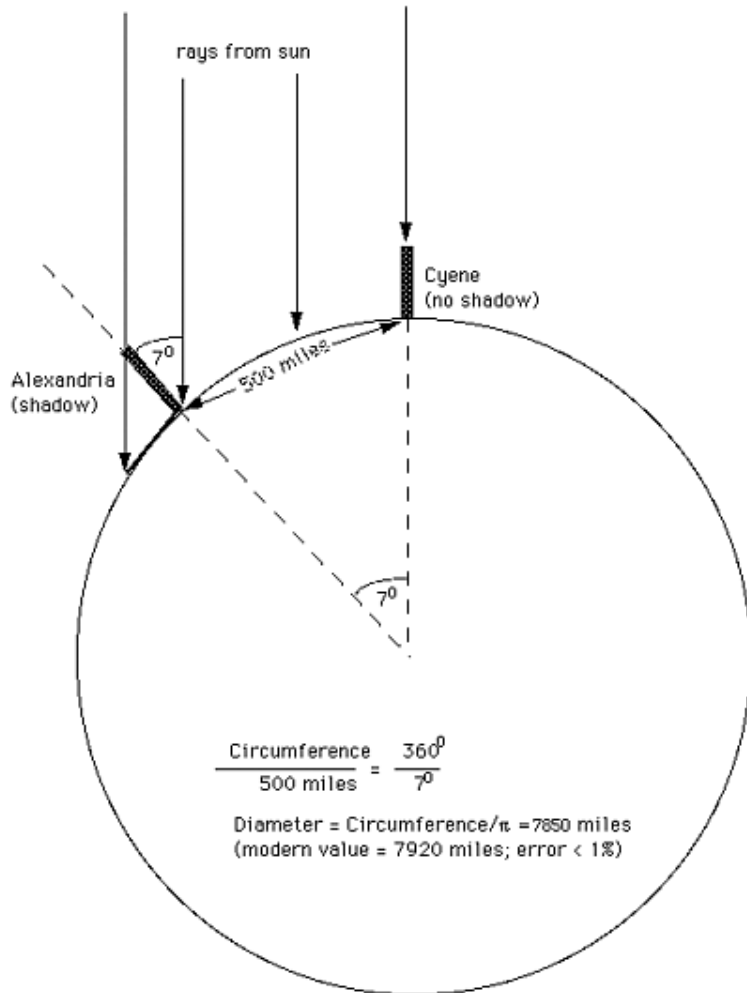
zvezde in planeti (*Cael.* 2/7-11); razlika med gibanji planetov in zvezd "stalnic" (*Cael.* 2/12)

Zemlja (*Cael.* 2/13-14; in 3. in 4. knjiga):

- središčna lega in mirovanje: "Jasno je torej, da je Zemlja nujno v središču in da je tu nepremična ..." (296b23) = **geocentrizem**
- sferična oblika: "Po obliki mora [Zemlja] biti okrogla: vsak od njenih delov namreč poseduje težo, dokler ne doseže središča" (297a9). To je tudi v skladu z A. **teorijo "naravnih mest"**.
- velikost (obseg) Zemlje: 400.000 stadijev (1 stadij = cca 192 m), tj. cca 76.800 km
"Tudi matematiki, ki si prizadevajo določiti **velikost Zemljinega obsega**, navajajo, da znaša štiristo tisoč stadijev. Iz teh dokazov ne izhaja samo, da mora biti obseg Zemlje okrogel, temveč da tudi ni velika v primerjavi z drugimi zvezdami." (298a19-20, poudaril MU).

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.

Hiparh iz Nikeje, največji grški opazovalni astronom, ki je živel na Rodosu v 2. st. pr. n. š.

- Pri opazovanjih je uporabljal kotomerne inštrumente (trikveter, kvadrant, astrolab idr.).
- V matematiki velja za začetnika sferne trigonometrije.
- Izdelal je tablice o gibanju Sonca in Lune, tj. o njihovih pozicijah na nebu v celem letu.
- **Hiparhov katalog zvezd** je najstarejši ohranjeni zvezdni katalog: vsebuje 1022 zvezd, razvrstil jih je v 48 ozvezdij, po siju pa v šest kategorij ("magnitud"). S prostim očesom so komaj vidne zvezde šeste magnitude. V prvi magnitudi je 15 najsvetlejših zvezd.
- Z merjenji pozicij zvezd je odkril tudi precesijo Zemljine osi (v geocentričnem sistemu vesoljne osi), ki opiše krog v ~ 26.000 letih.



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

Ptolemajev geocentrični sistem



Aristotel 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”, “**nebesni obok**” (lat. *firmamentum*).
- Nepravilno gibanje planetov se pojasnjuje kot sestavljeno iz več kroženj (po namišljenih krogih: “deferentih” in epiciklih”).

Schema huius praeuulæ diuifionis Sphærarum.



Slika 1

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

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

Sferična popolnost kozmosa

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)

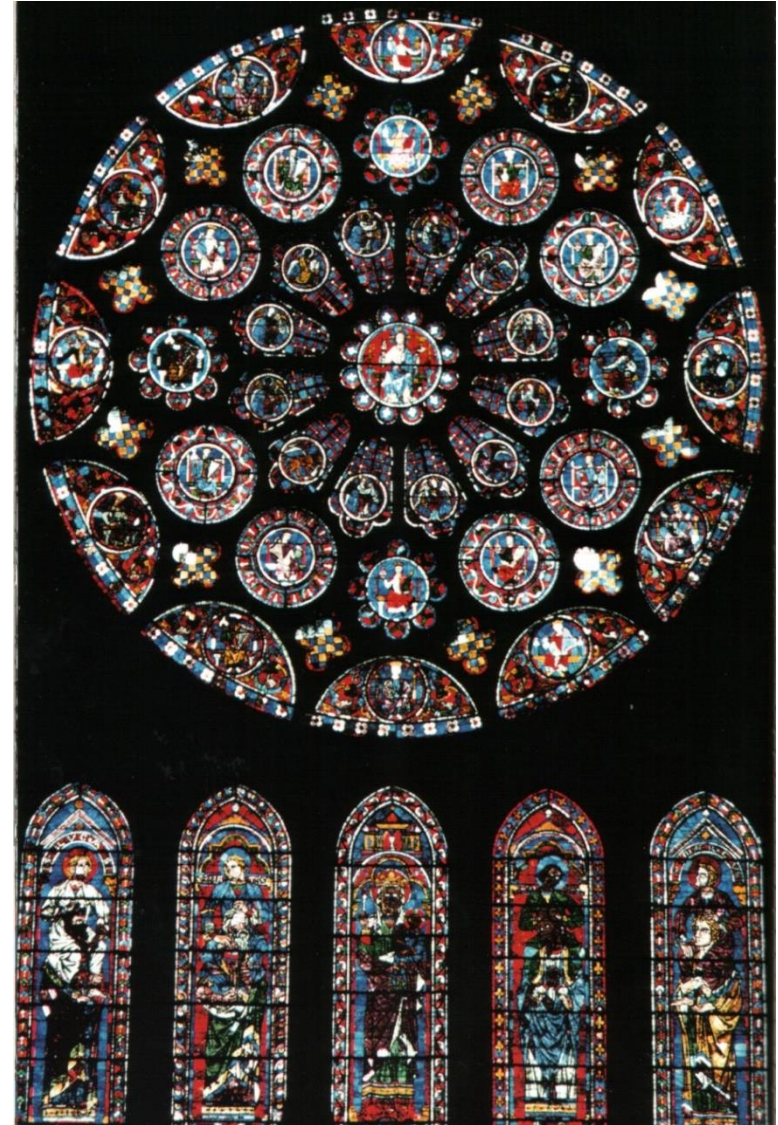
Dante, v *Božanski komediji*:

*Tam luč je, ki da Stvarnika uzreti
tež 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)



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** je zapisal besede, ki so postale moto v njegovo filozofijo in so vklesane v njegov nagrobnik:

“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.

Arabski astronomi: Al-Biruni (11. st.), Omar Hajam (12. st.),
Muhammed Nasiredin Tusi (13. st.), Ulugbek iz Samarkanda (15. st.) idr.

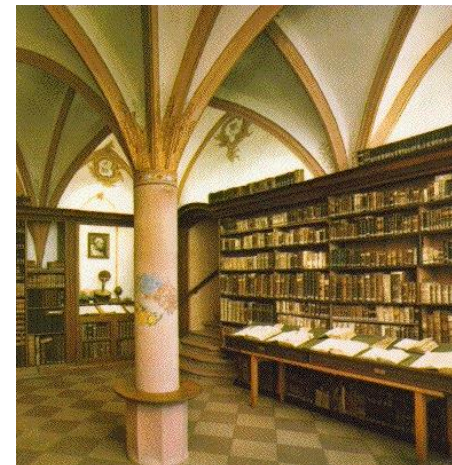


Sovpadanje nasprotij, središča in oboda



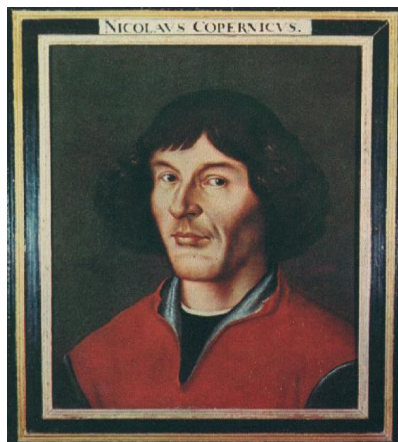
Nikolaj
Kuzanski
(1401-1464)

- Kuzanski, filozof in teolog, je na prelomu med srednjim vekom in renesanso učil, da nas “**učena nevednost**” (*docta ignorantia*) prek “simbolnega mišljenja” vodi k presežnemu spoznanju “**sovpadanja nasprotij**” (*coincidentia oppositorum*) v “maksimumu”, ki je hkrati tudi “minimum” – k absolutu, Bogu. Glavno delo: “O učeni nevednosti” (*De docta ignorantia*, 1440)
- “Sovpadanje nasprotij” se v kozmologiji izraža kot sovpadanje središča in oboda/roba vesolja: Vesolje je “kakor kroglja, katere središče je povsod, obod nikjer” (*sphaera cuius centrum est ubique, circumferentia nullibi*).
- V duhovnem pogledu pa Kuzanski ohranja kristocentričnost, gl. v slov. prev. razpravo “O Božjem pogledu” (*De visione Dei*, 1453).

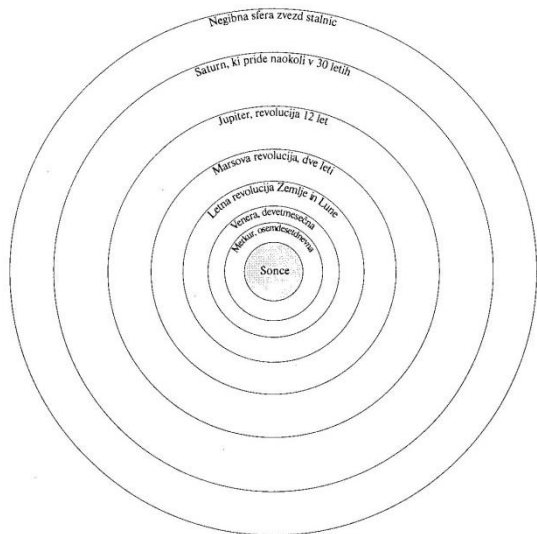


Kuzančeva knjižnica
v rojstnem mestecu
Kues (lat. Cusa)
v Nemčiji

Od geocentrizma k heliocentrizmu



Nikolaj
Kopernik
(1473-1543)



Sredi vseh pa prebiva Sonce. Kdo bi postavil v tem svetišču to svetilko na kako drugo oziroma boljše mesto, kakor je to, od koder lahko istočasno osvetljuje celoto? Saj ga nekateri vendar niso neustrezno imenovali »luč sveta«, ¹⁴³ drugi njegov »duh«, ¹⁴⁴ spet drugi »vladar«. ¹⁴⁵ Trismegist ¹⁴⁶ ga je

- Kopernikov **heliocentrizem**: v središču vesolja je Sonce, ne več naša Zemlja! Za to takrat (in v nekem smislu še vedno) presenetljivo trditev je Kopernik navajal predvsem naslednja dva argumenta:
 1. **logično-matematični argument**: naravo bolje razložimo z enostavnejšimi hipotezami (z manjšim številom epiciklov);
 2. **metafizično-teološki argument**: kot je Platonova Ideja Dobrega osrednja med vsem idejami, tako je Sonce osrednje med vsemi nebesnimi telesi (in tudi Pitagora je učil, da je Ogenj v središču kozmosa).
- *Nota bene*: Kopernik še vedno ohranja “idealne” kroge in tudi vesolje kot celota ostaja sferično, končno in popolno v aristotelskem pomenu, četudi se razdalja do “zvezdnega neba” zelo poveča. Vseh epiciklov se Kopernik ne znebi, to doseže šele Kepler, ki zamenja krožne orbite planetov z elipsnimi.

“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.

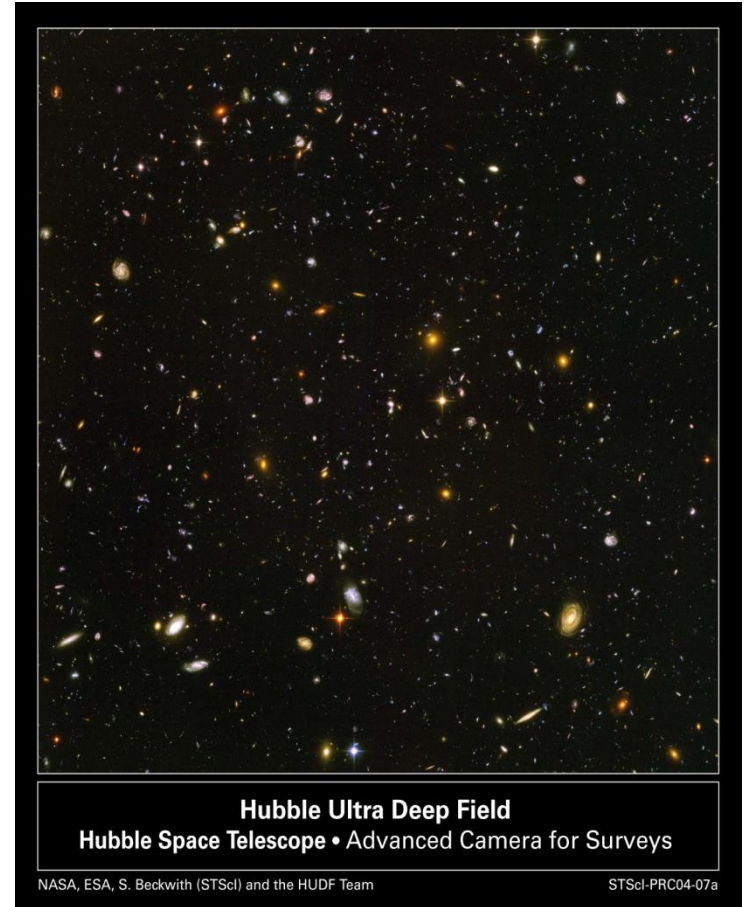


Nešteto množstvo svetov v neskončnem vesolju



Giordano
Bruno
(1548-1600)

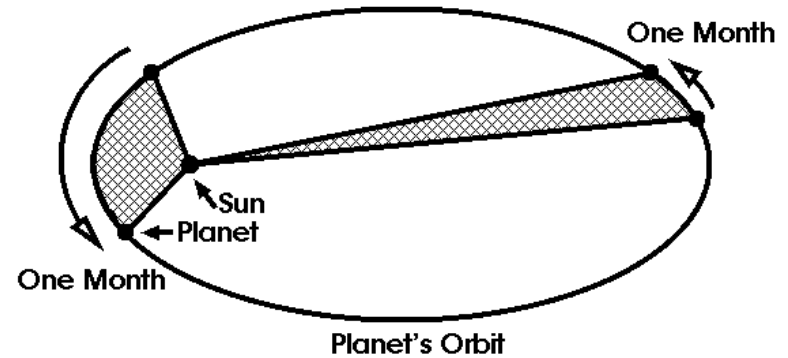
- Bruno je prvi učil, da je **vesolje neskončno in razsrediščeno**. Spoznal je, da so **zvezde druga sonca**, središča drugih svetov, med katerimi so morda tudi naseljeni z razumnimi bitji.
- Na inkvizicijskem procesu je rekel: “To dvojno neskončnost, tako glede velikosti vesolja kakor glede množstva svetov, bi morda lahko imeli za trditev, ki ni v skladu z resnico vere ...” (*Beneški dokumenti*, 1592)
- Vendar je Bruno ohranil novoplatonsko celovitost vesolja (*univerzuma*) v Enem: “Vesolje je eno, neskončno, negibno.”
- Duh in narava sta Eno – to misel pozneje, po Spinozi, imenujemo **panteizem**.



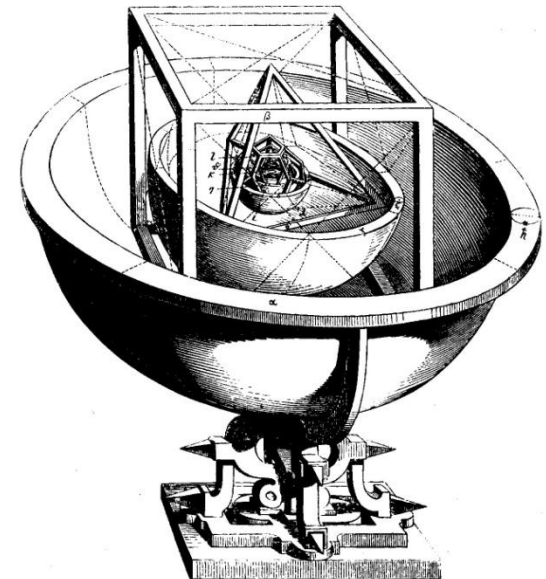
Gibanje planetov: opustitev krogov, uvedba elips



Johannes
Kepler
(1571-1630)



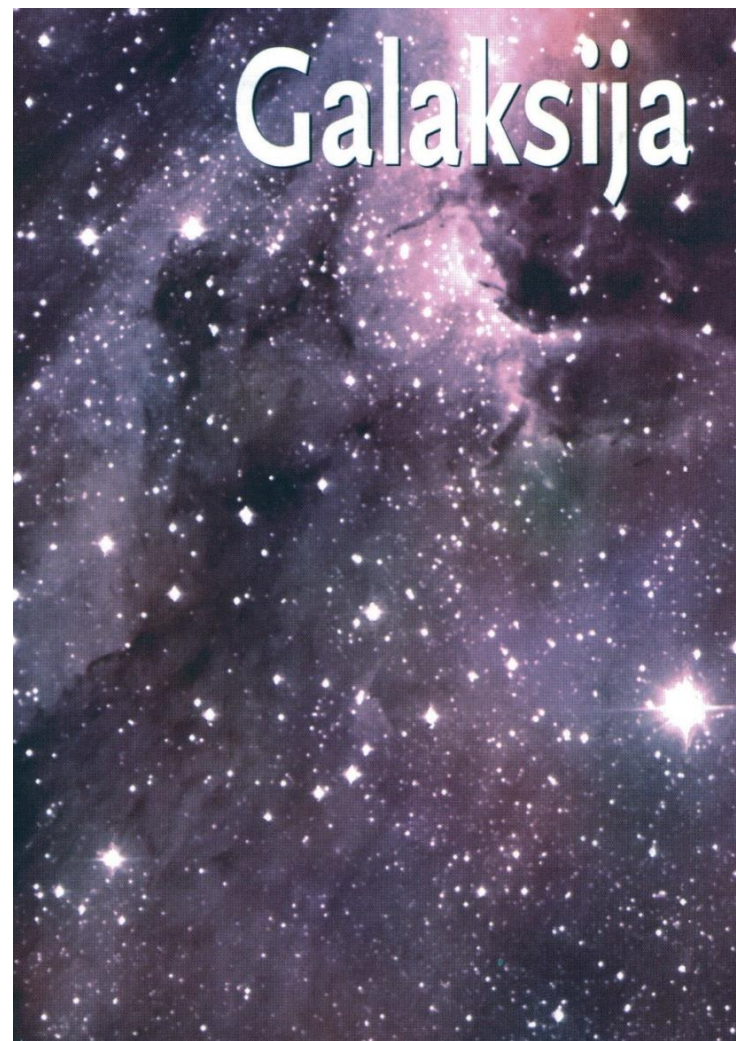
- Na osnovi natančnih astronomskih merjenj, ki jih je opravil njegov predhodnik **Tycho Brahe**, je Kepler opisal kroženje planetov okrog Sonca z **elipsami** (Keplerjevi trije zakoni: 1609, 1619, drugi zakon na *sliki zgoraj*).
- Vendar se je Kepler, ki je bil po filozofskem prepričanju platonik, težko poslovil od krogov, krogel in “idealnih platonskih teles” (*slika spodaj*). V zgodnjem delu *Mysterium cosmographicum* (1596) je z njimi še poskušal razložiti planetne orbite.
- Keplerjevo nebesno mehaniko je z gravitacijskim zakonom posplošil in izpopolnil Isaac Newton.



Utemeljitev nove znanstvene paradigme

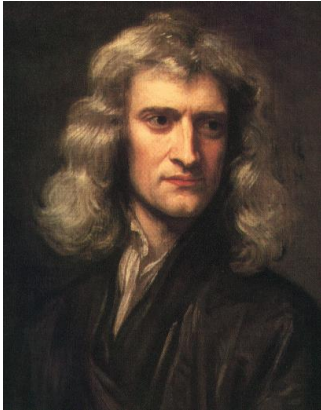


Galileo
Galilei
(1564-1642)



- 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.

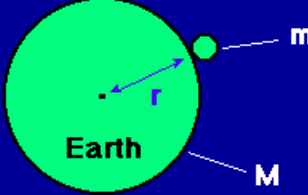
Nebesna mehanika brezmejnega, “odprtega” vesolja



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*).



The diagram shows a large green circle representing Earth with a radius r and mass M . A smaller green circle representing an object with mass m is positioned on the surface of the Earth. A blue arrow points from the center of the Earth to the object, labeled r .

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

$= g$

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

