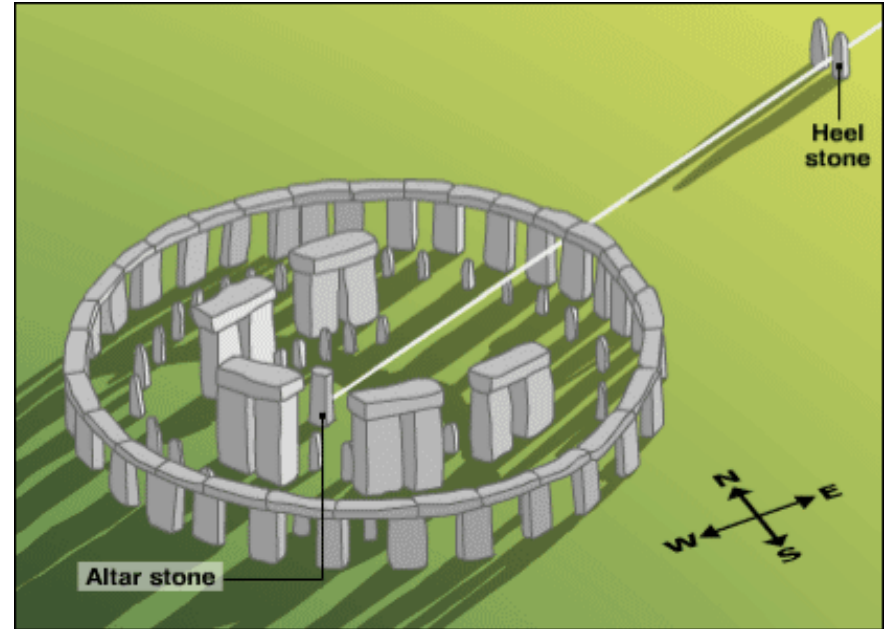


Od sferičnega kozmosa k neskončnemu univerzumu



Marko Uršič, Filozofija narave, BF, 2018

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.

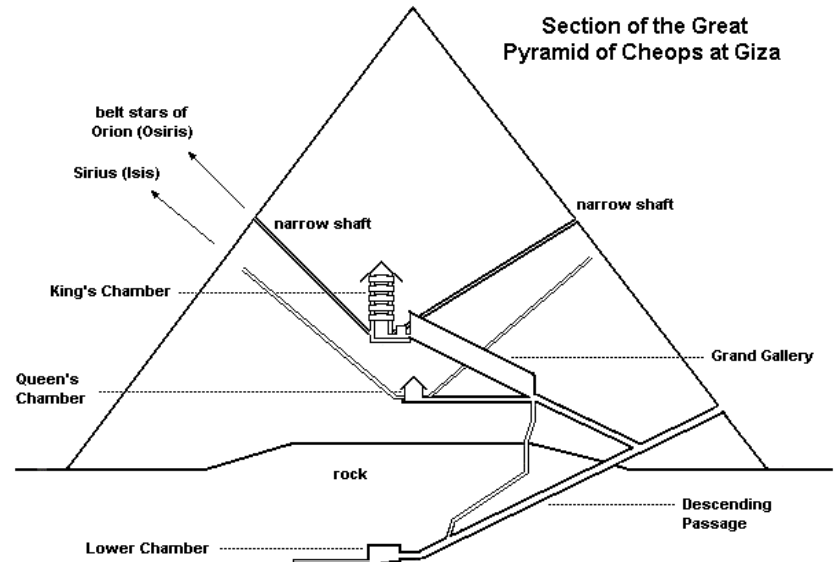
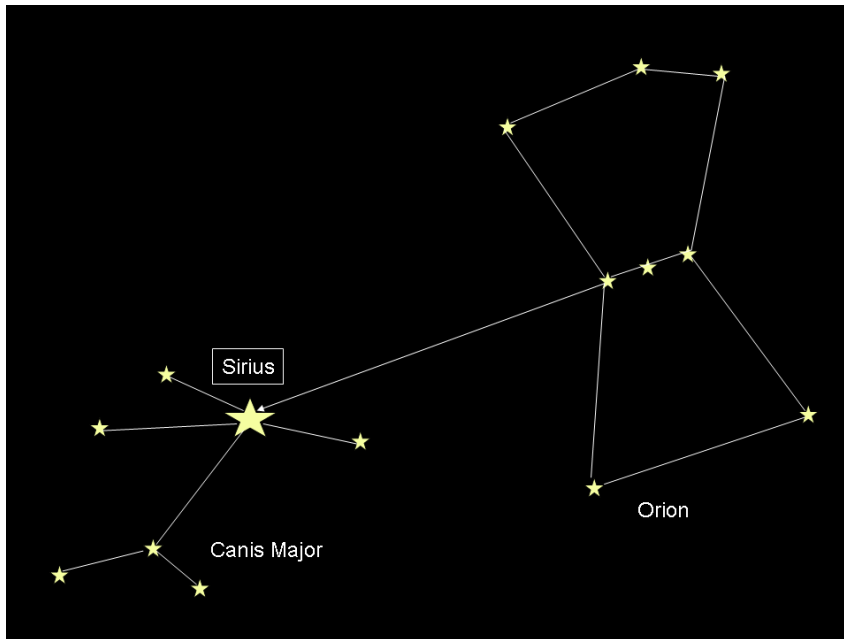


Menhiri (tj. veliki stoječi kamni) v Carnacu (Bretanja, Francija)



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.

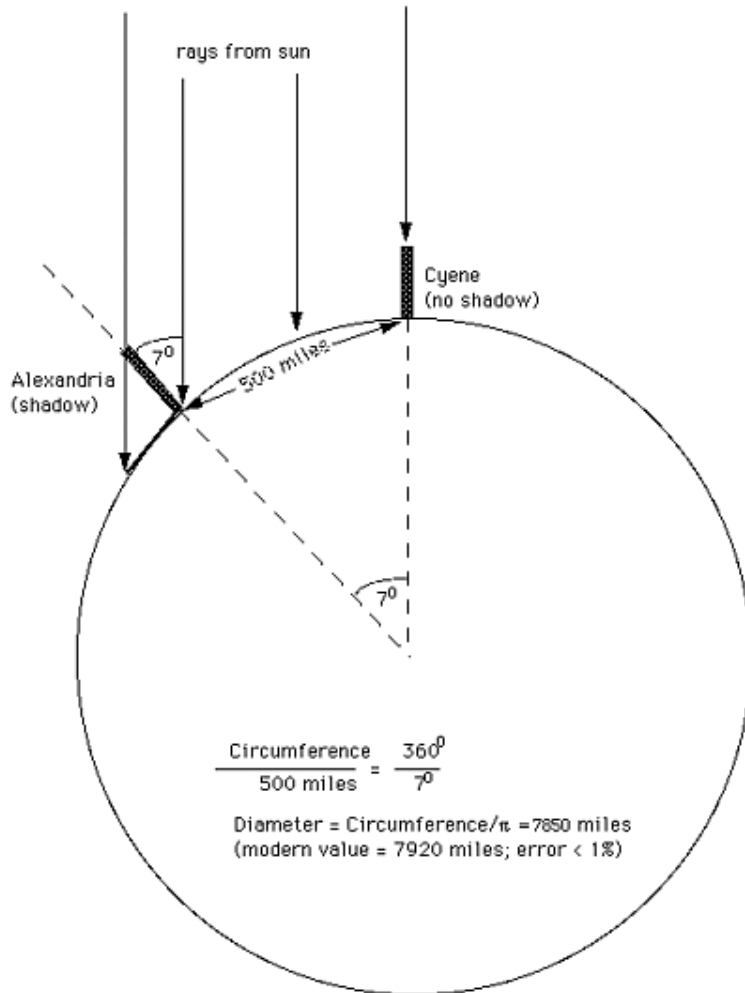
Babilonski zvezdogledi



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

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 dolžine sence ali iz njenega kota izračunamo obseg in 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.

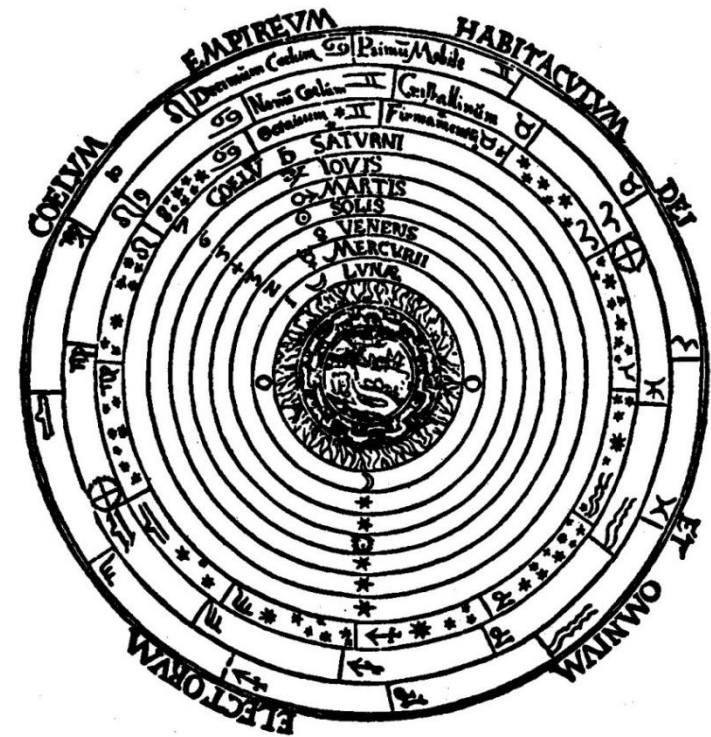


krater Hipparchus na Mesecu
(veliki na desni z manjšim znotraj)

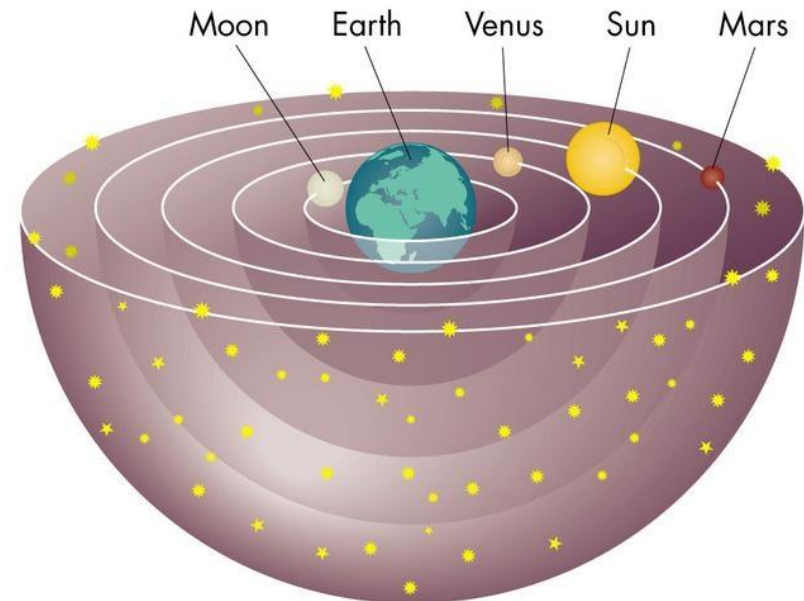
Ptolemajev geocentrični sistem



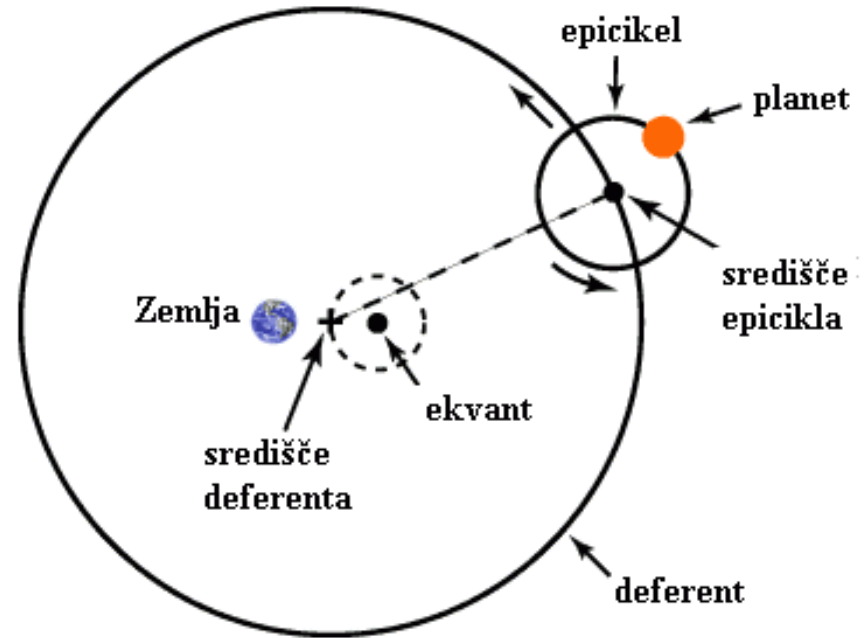
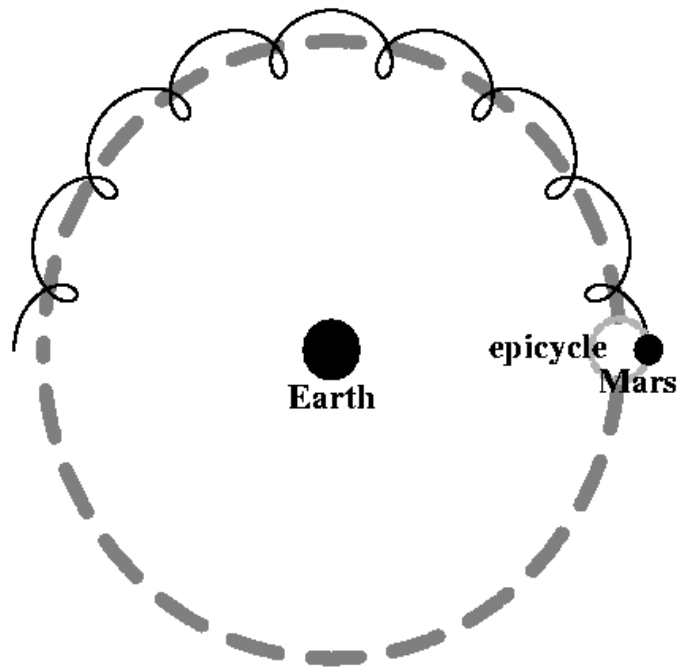
Aristotel je filozofsko utemeljil, Klavdij **Ptolemaj** (100-170) pa astronomsko-matematično opisal **geocentrični sistem**, ki je prevladoval skozi celotno antiko in srednji vek, vse do Nikolaja Kopernika (1543).



- 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”).



Ptolemajski fiktivni krogi za pojasnitev gibanj planetov:
epicikli, deferenti, ekvanti ...
primer: navidezna geocentrična orbita planeta Marsa

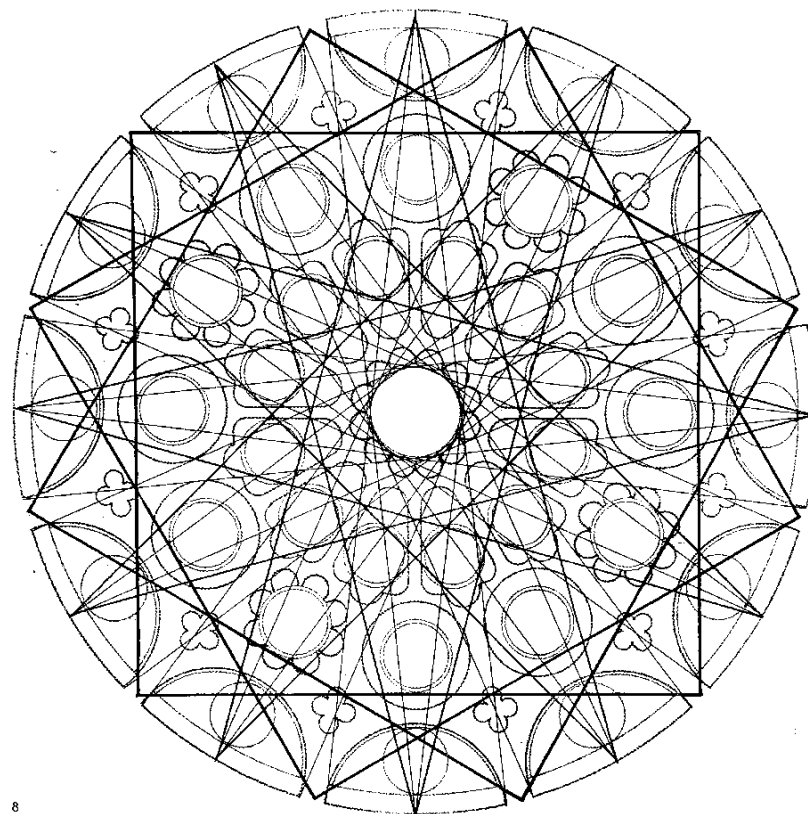


Vir slik: internet; desna skica je bila objavljena v reviji *Spika* 11 (2010).

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



“Nebeška roža” na južni rozeti vitrajev v gotski katedrali Naše Gospe
(*Notre-Dame*) v Chartresu, Francija, 13. st.



Geometrijska analiza južne rozete v Chartresu:
dvanajst likov na obodu velikega kroga kot “zrcala” usmerjajo pogled k središču,
v katerem je Kristus; trije veliki kvadrati so tangente srednjih krogov itd.
(Painton Cowen, *Rose Windows*, Thames & Hudson, London, 1992.)

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”

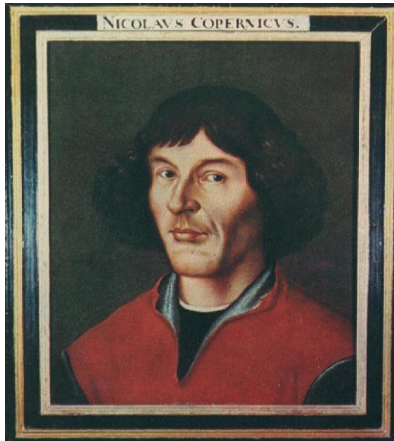
– to je tisto najvišje, kar lahko kot človek spoznam.

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

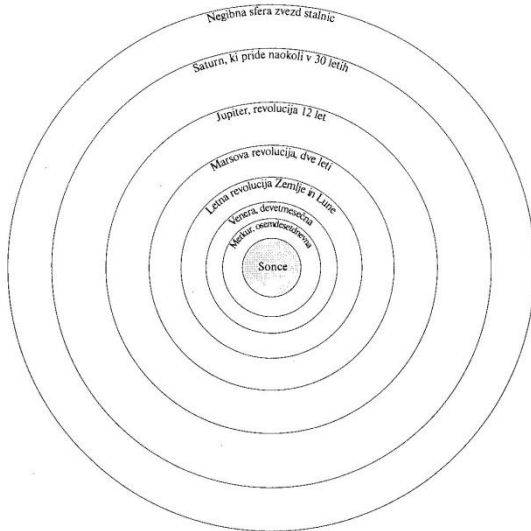
Arabski astronomi: Al-Biruni (11. st.), Omar Hajam (12. st.),
Muhammed Nasiredin Tusi (13. st.), Ulugbek iz Samarkanda (15. st.) idr.



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 Trismegist¹⁴⁶ 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.

Gaston Bachelard o Koperniku v *Poetiki prostora* (1957)

- »... Podoba, ki služi kot os tega spreminjajočega sanjarjenja, zdaj zemeljskega, zdaj nebesnega, zdaj družinskega, zdaj kozmičnega, je podoba svetilke-sonca in sonca-svetilke. [...] Če zgodovine znanosti ne moderniziramo, če vzamemo na primer Kopernika takšnega, kakršen je bil, z vsemi njegovimi sanjarjenji in mislimi, se zavemo, da se zvezde vrtijo okrog luči. Sonce je predvsem velika Svečava Sveta. Matematiki bodo kasneje iz njega naredili privlačno maso. Svetloba je tam zgoraj načelo središčnosti. Kakšna vrednota v hierarhiji podob! Svet v domišljiji kroži okrog neke *vrednote*. Večerna svetilka, na družinski mizi, je tudi središče sveta ...«
(slov. prev. Tanja Lesničar-Pučko, 2001, str. 193–94, podčrtal M.U.).



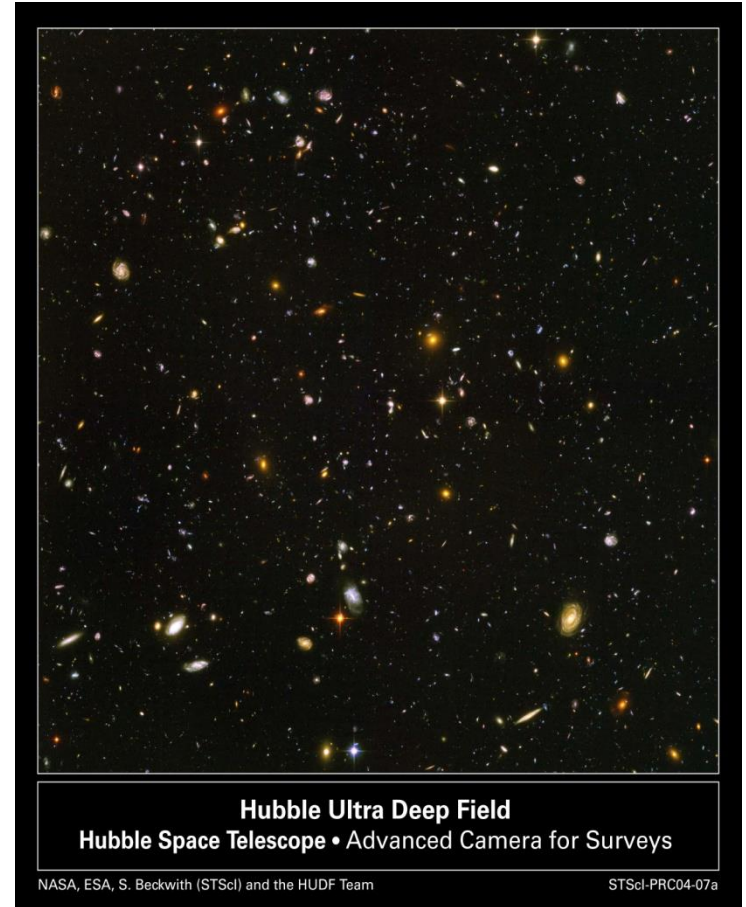
Slika desno: Georges de la Tour, Jožef tesar (1642), izrez, olje na platnu, Louvres, Pariz

Nešteto množstvo svetov v neskončnem vesolju



Giordano
Bruno
(1548-1600)

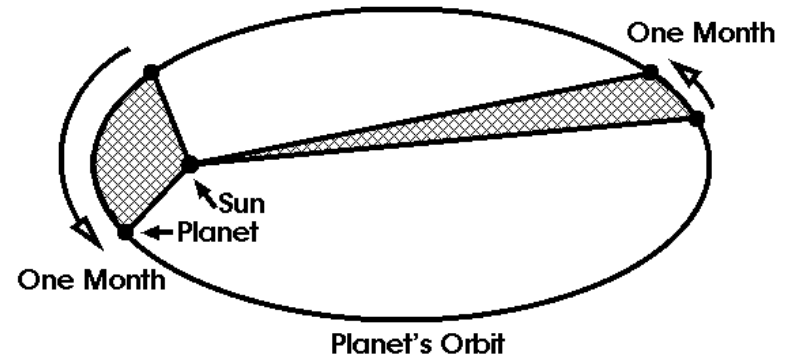
- Bruno je prvi učil, da je **vesolje neskončno in razsrediščeno**. Spoznal je, da so **zvezde druga sonca**, središča drugih svetov, med katerimi so morda tudi naseljeni z razumnimi bitji.
- Na inkvizicijskem procesu je rekel: “To dvojno neskončnost, tako glede velikosti vesolja kakor glede množstva 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**.



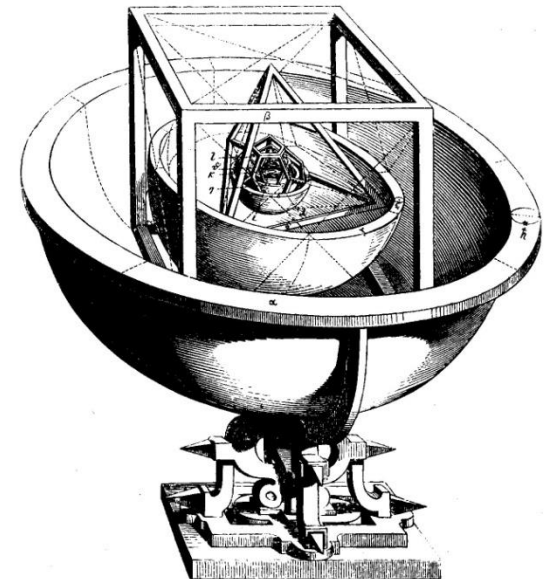
Gibanje planetov: opustitev krogov, uvedba elips

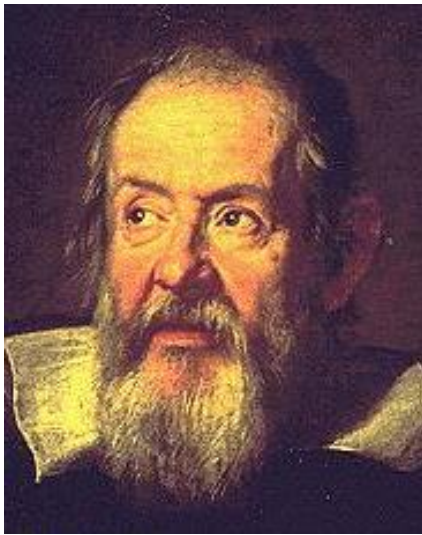


Johannes
Kepler
(1571-1630)



- 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.





Galileo Galilei (1564-1642)

“Stvari,
ki jih nikoli prej
niso videli,
in misli,
ki jih nikoli prej
niso mislili...”
(A. Koyré)



Galilei (ali Galilej) je bil sprva profesor matematike na univerzi v Padovi, pozneje pa dvorni astronom toskanskih vojvod Cosima II. in Ferdinanda II. de' Medici ter profesor na univerzi v Pizi. V svojih astronomskih opazovanjih je prvi uporabljal daljnogled (preprost *perspicillum*), predvsem pa velja za začetnika novoveške naravoslovne znanosti, ki temelji na dveh osnovnih, *objektivnih* metodoloških pristopih:

naravoslovna znanost = izkustvo + matematika.

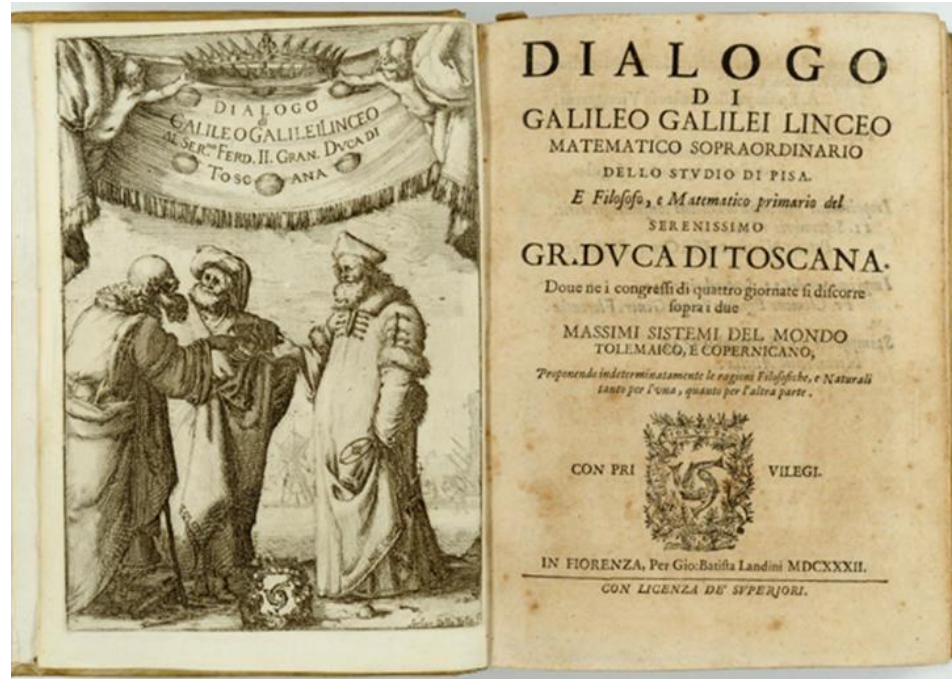
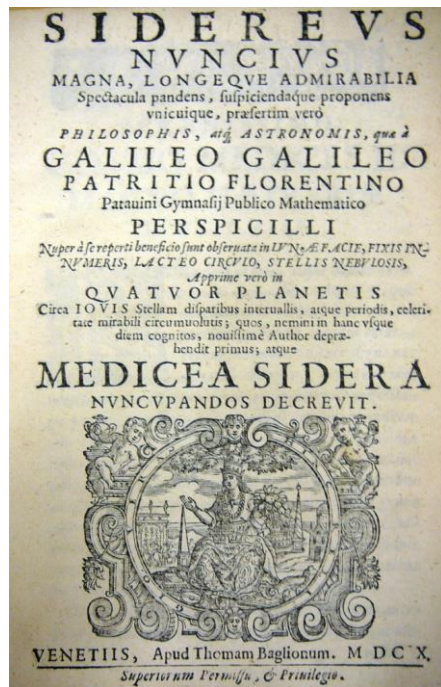
Trdil je, da je “velika knjiga narave” napisana v “jeziku matematike”, drugače kot *Biblija*, sveta knjiga razodetja, katere jezik je “simbolen” – in ob tem verjel, da si ne nasprotujeta.

Kot vnet zagovornik Kopernikovega heliocentrizma je prišel pred inkvizicijsko sodišče v letih 1616 in 1633. Na drugem procesu je bil obsojen, vendar se je rešil najhujšega s preklicem svojih nauk. Ob izhodu iz sodne dvorane pa je baje izgovoril tiste legendarne besede:

Eppur si muove! (In vendar se giblje!)

– namreč Zemlja okrog Sonca, obenem pa “se giblje” tudi vsa znanost, ves človekov miselni, zgodovinski in duhovni svet.

Galilejevi glavni knjižni deli sta:
Sidereus nuncius (“Zvezdni glasnik” ali “Zvezdne novice”, 1610)
Dialog o dveh glavnih sistemih sveta (1632)



Na začetku *Dialoga o dveh svetovnih sistemih*, v posvetilu toskanskemu vojvodi Ferdinandu II. de' Medici, je Galileo Galilej zapisal (prev. Mojca Mihelič):

- “... in oči upiramo kvišku tako, da se posvečamo veliki knjigi narave, ki je pravi predmet filozofije: kajti vse, kar v tej knjigi beremo, se zato, ker je izdelek vseмогоčnega Stvarnika, popolnoma ujema, in zato nam je celo bolj dostopna in dragocena, saj se v njej našem pogledu najočitneje kažeeta Njegovo delo in mojstrstvo. Med vsem, kar se da v naravi spoznati, lahko po mojem prepričanju na prvo mesto postavimo ustroj vesolja ...”

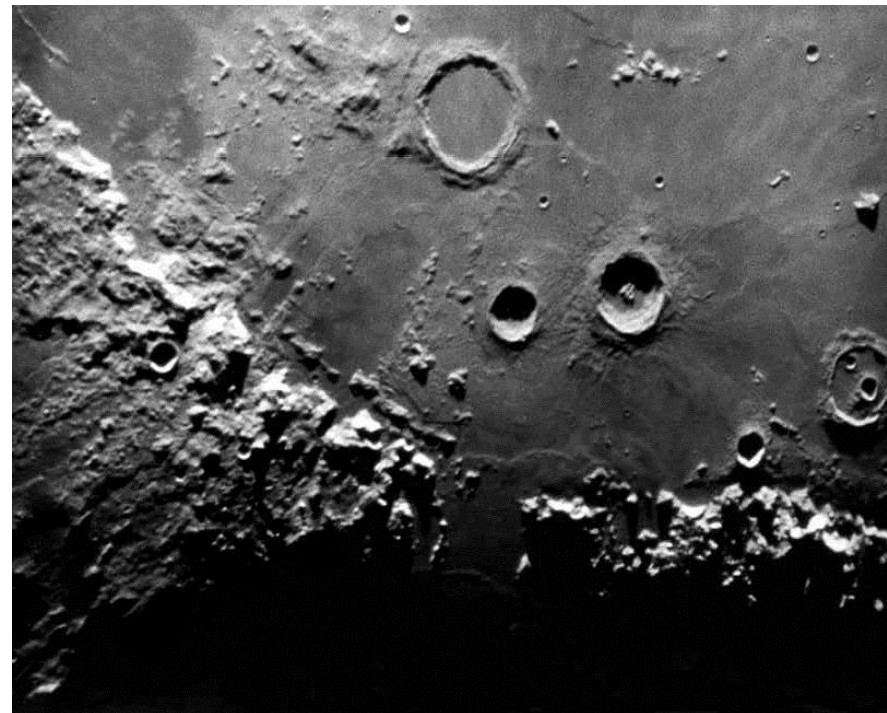
Galilejeve *Zvezdne novice* (1): odkritje gorá na Luni

- “... površina Lune ni gladka, enakomerna in popolnoma okrogla, kot je o njej in o drugih nebesnih telesih menila velika množica filozofov, ampak je, nasprotno, neenakomerna, neravna in polna vdolbin in izboklin, enako kot površina same Zemlje, ki jo tu in tam ločujejo gorske verige in globoke doline” (slov. prev. str. 99)
- “... in kakor se sence zemeljskih globeli zmanjšujejo, ko se Sonce dviga, tako tudi ti lunarni madeži izgubljajo svojo temnost, ko se osvetljena stran večá” (*ibid.*, str. 101).

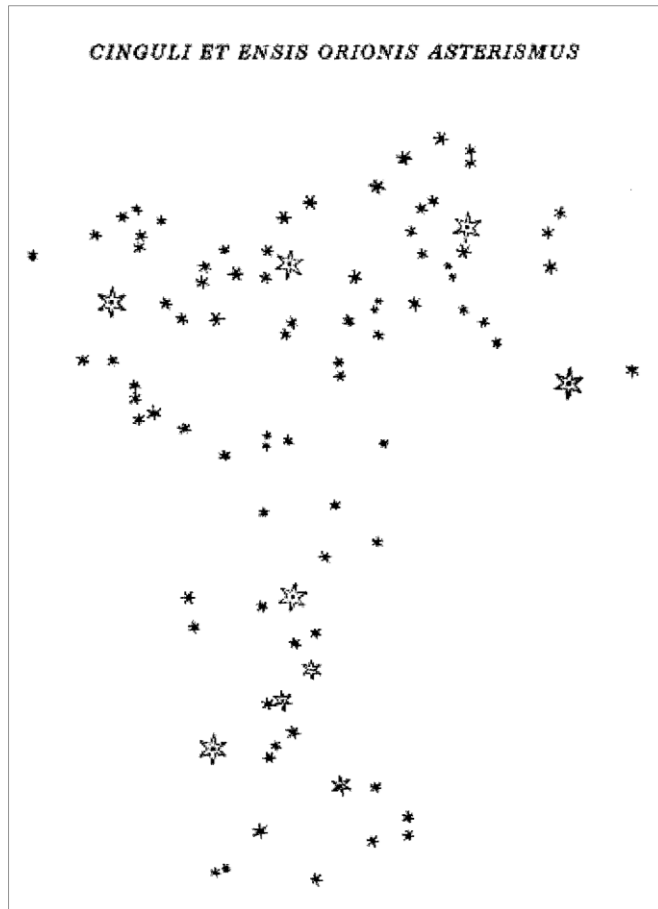
GALILEO GALILEI: SIDEREUS NUNCIUS



quæ ex parte Solis sita est. Imminuta deinde luminosa superficie, cum primum tota ferme dicta macula tenebris est obducta, clariora montium dorsa eminenter tenebras scandunt. Hanc duplicem apparentiam sequentes figuræ commonstrant.



Galilejeve Zvezdne novice (2): mnogo novih zvezd v ozvezdju Orion



- “ ... tu jih je namreč okoli starih zvezd [vidnih že brez daljnogleda] v razmiku ene ali dveh stopinj razpršenih več kot 500. Zato smo trem zvezdam v [Orionovem] Pasu in šestim v Meču, ki so bile opažene že dolgo tega, dodali še 80 drugih, ki se nahajajo zraven in so bile opažene pred nedavnim [z daljnogledom]” (*ibid.*, str. 123)

Galilejeve Zvezdne novice

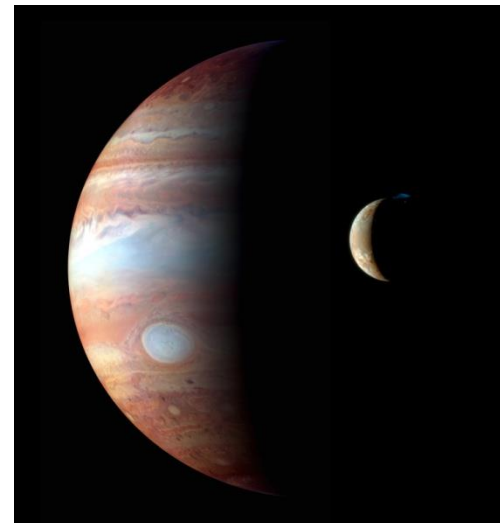
(3): Galaksija (“Mlečna cesta”) sestoji iz samih zvezd!

- “... s pomočjo daljnogleda je mogoče tako natančno opazovati substanco oziroma snov same Mlečne ceste, tako da so, potem ko smo se prepričali na lastne oči, vsa prerekanja, ki so toliko stoletij mučila filozofe, izgubila svoj pomen in smo se tudi mi rešili dolgoveznic razprav. GALAKSIJA namreč ni nič drugega kot kopica neštetihih trumoma posejanih zvezd; na katero koli njeno področje namreč usmeriš daljnogled, takoj se pred tabo pokaže ogromno število zvezd, od katerih jih je večina videti dovolj velikih in dovolj očitnih; a velikega števila manjših zvezd ni mogoče dognati.” (*Ibid.*, str. 125)



Galilejeve Zvezdne novice (4): odkritje štirih Jupitrovih lun, ki jih je v čast svojim vladarjem in mecenom imenoval “Medičejske zvezde”

Galilej je pozimi leta 1610 vsako noč več kot dva meseca skozi daljnogled opazoval štiri majhne “zvezdice” ob Jupitru in ugotovil, da krožijo okrog njega, tako kot naša Luna okrog Zemlje. To je bil pomemben opazovalni argument za heliocentrizem, saj je postalo povsem očitno, da *ne* krožijo vsa nebesna telesa okrog Zemlje.



Die decimasexta, hora prima noctis, tres vidimus Stellas iuxta hunc ordinem dispositas:

Ori. * ○ * * Occ.

duae Iovem intercipient, ab eo per min. 0, sec. 40 hinc inde remotæ; tertia vero occidentalis a Iove distabat min. 8. Iovi proximæ non maiores, sed lucidiores apparebant remotiori.

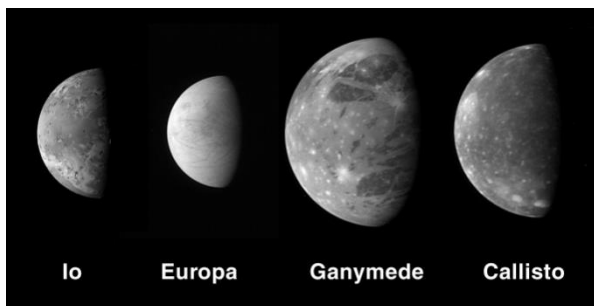
Die decimasextima, hora ab occasu 0, min. 30, huiusmodi fuit configuratio:

Ori. * ○ * * Occ.

Levo:
Galilejevi
zapisi iz
Zvezdnega
glasnika

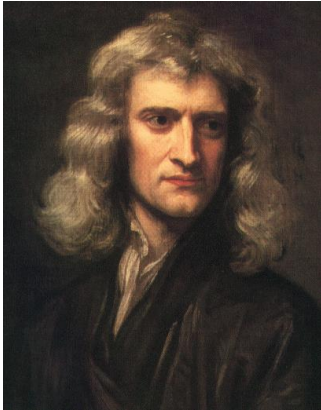


Vesoljska sonda *Galileo* je v času 1995–2003 krožila okrog Jupitra in od blizu poslikala tudi njegove številne lune; *zgoraj*: Jupiter in Io (vir: NASA, na spletu).



Štirje največji Jupitrovi sateliti/lune so, po velikosti: Ganimed, Kalisto, Io, Evropa

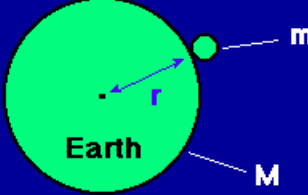
Nebesna mehanika brezmejnega, “odprtega” vesolja



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

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

$= g$

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



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

