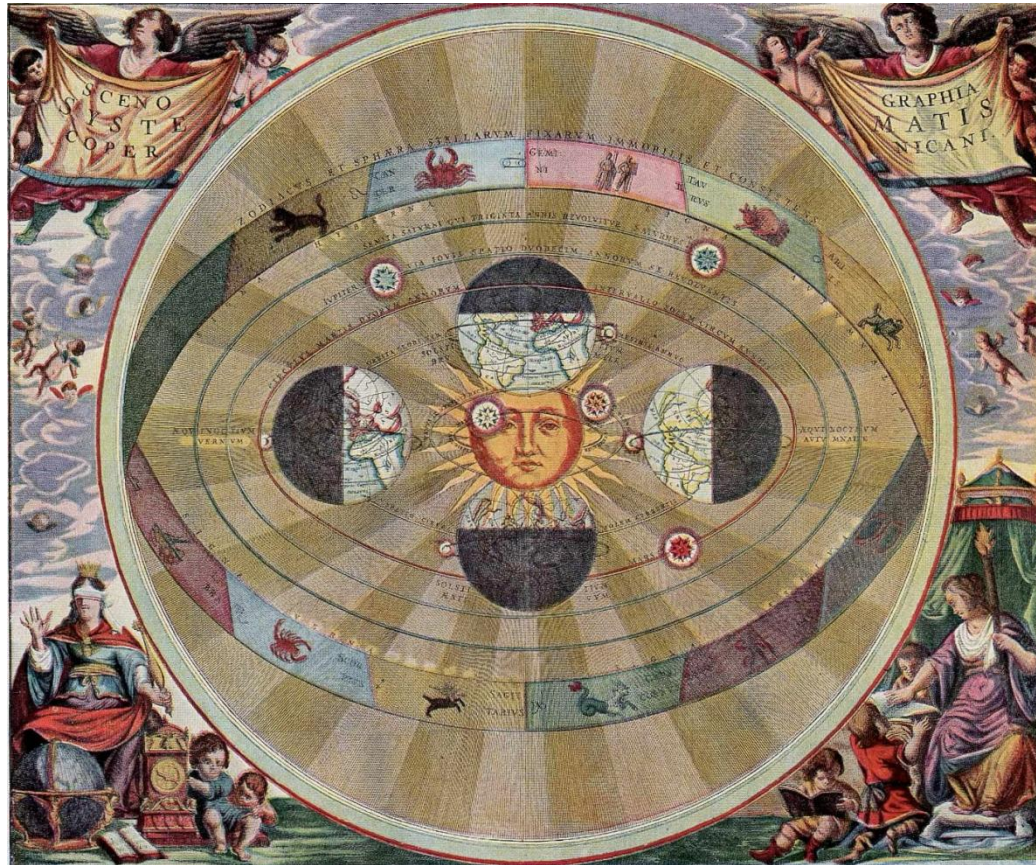
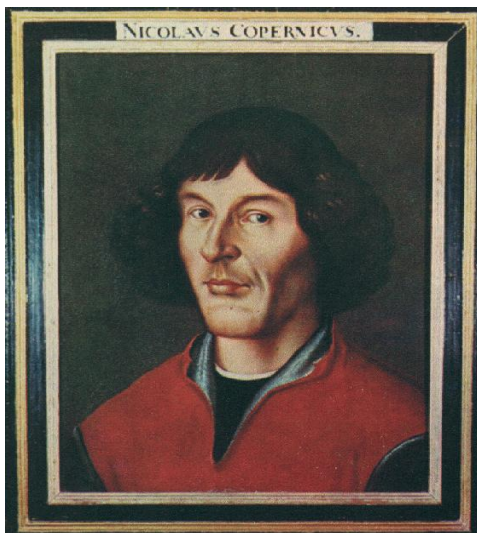


Vélikí obrat k heliocentrizmu: Koperník, Kepler, Galilej



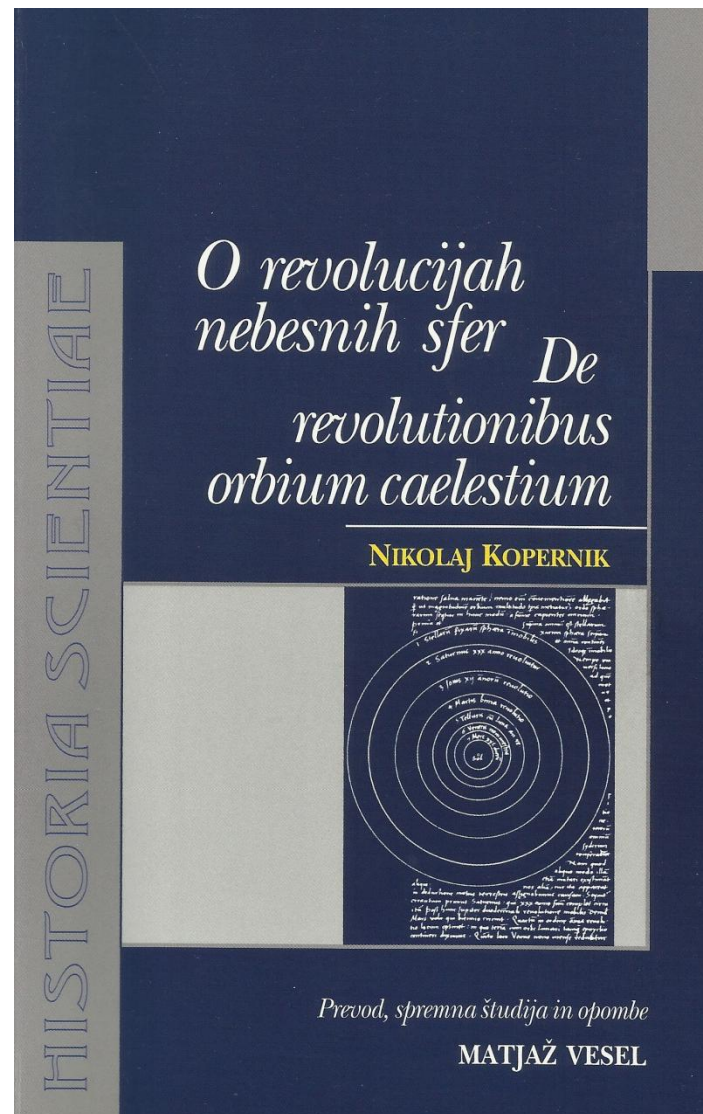
Marko Uršič, FF, Filozofija narave, 2013/14



Nikolaj
Kopernik
(1473-1543)

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 dve vrsti argumentov:

- 1. metafizično-teološki argument**: kakor je Platonova Ideja Dobrega osrednja med vsemi idejami, tako je Sonce osrednje med vsemi nebesnimi telesi; tudi pitagorejci so učili, da je Ogenj-Sonce v središču kozmosa;
- 2. logično-matematični argument**: naravo bolje razložimo z enostavnejšimi hipotezami: tu z manjšim številom fiktivnih “epiciklov”.

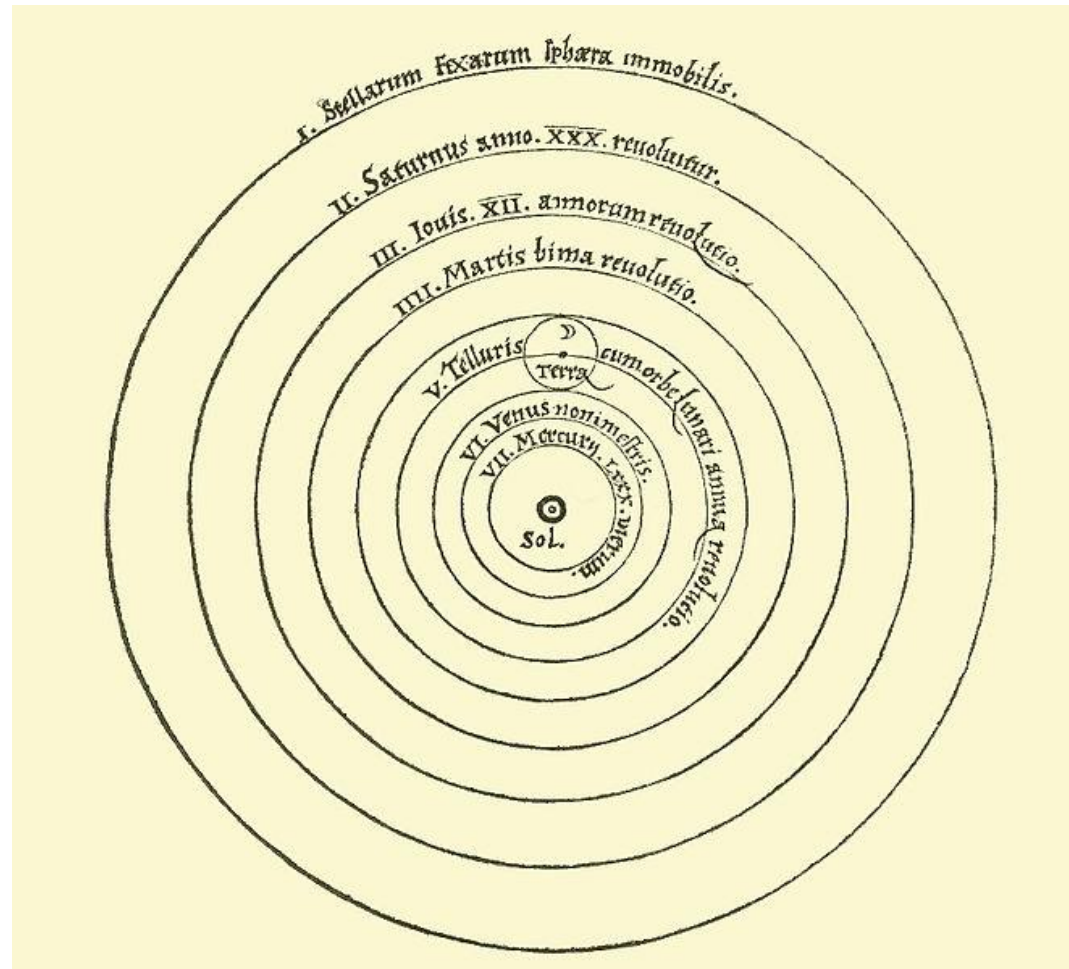


Slovenski prevod (2003) prve od šestih Kopernikovih knjig (1543); “revolucija” = vrtenje

“Sredi vseh zvezd pa prebiva Sonce ...” (odlomek iz Kopernikove knjige)

Argument(i) za heliocentrizem *ad* (1):

- »Sredi vseh [zvezd, planetov] 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', drugi njegov 'duh', spet drugi 'vladar'. Trismegist ga je imenoval 'vidni bog', Sofoklova *Elektra* 'vsevidnega'. Tako resnično, tako rekoč sede na kraljevskem prestolu, vlada okoli njega delujoči družini zvezd; in Zemlja ni opeharjena Lunine pomoči, temveč, kot pravi Aristotel v *De animalibus*, je Luna Zemlji kar najbolj v sorodu. Medtem Sonce oplodi Zemljo in ta gre noseča v letno rojstvo.«
(v slov. prevodu: str. 71).



Slavni Kopernikov diagram heliocentričnega sistema: v središču je Sonce, okrog so planeti, tudi Zemlja z Luno.

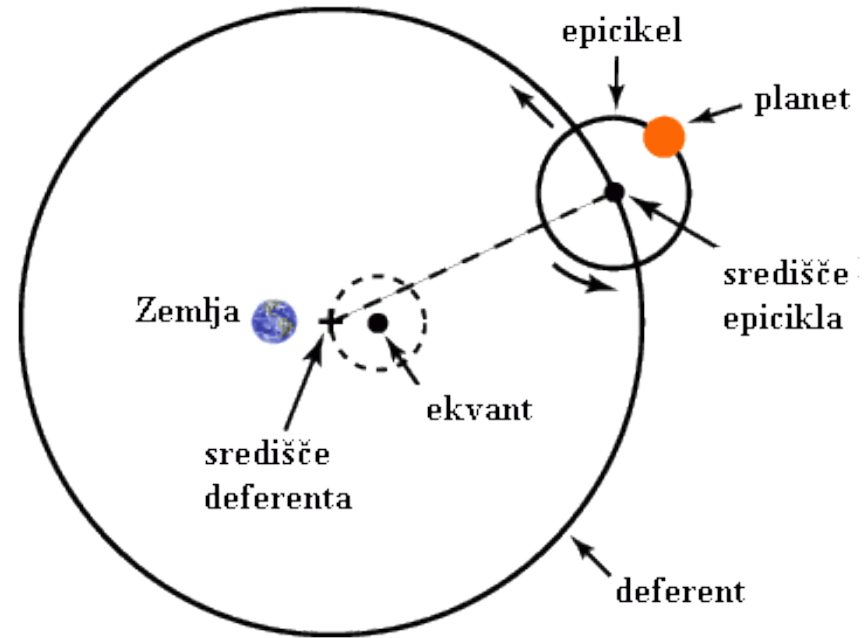
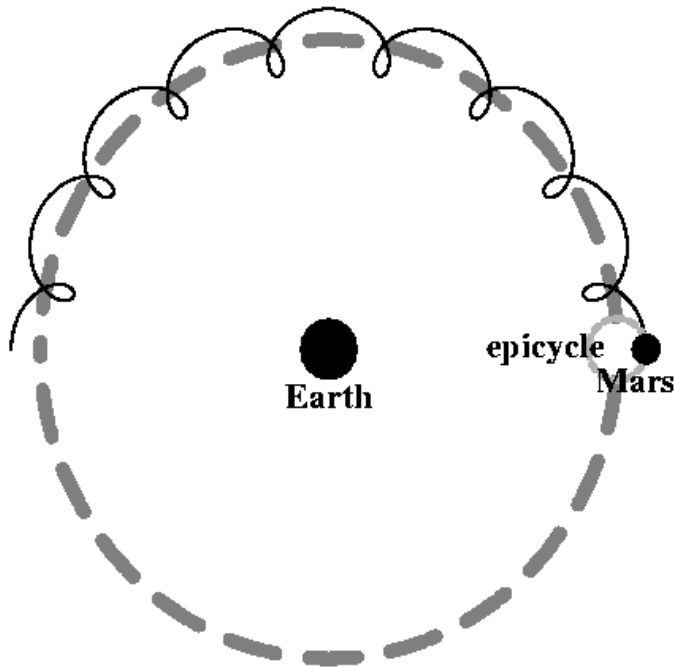
Gaston Bachelard o Koperniku v *Poetiki prostora* (1957)

- »... 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

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



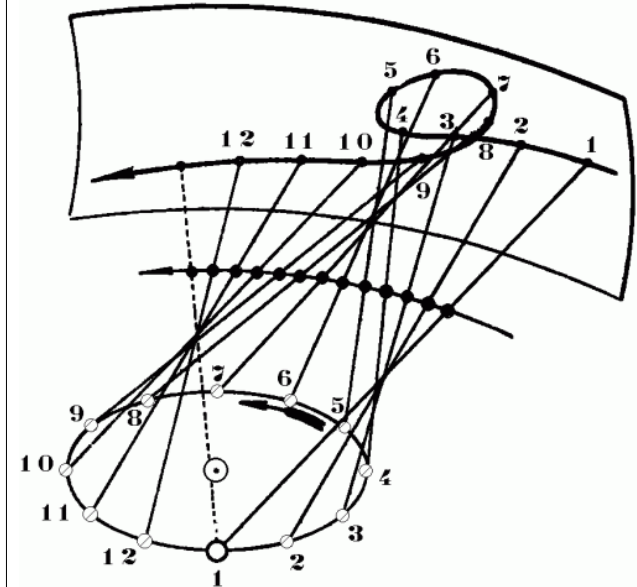
Vir slik: internet; desna skica je bila objavljena v reviji *Spika* 11 (2010).

Kopernik, odlomka iz Predgovora, posvečenega papežu Pavlu III.

Argument(i) za heliocentrizem *ad* (2), tj. boljši (enostavnejši) izračuni gibanja planetov, če postavimo Sonce v središče:

- »... in sem začel tudi sam razmišljati o gibljivosti Zemlje. In četudi je bilo to mnenje videti nesmiselno, sem vseeno presodil – ker sem vedel, da je bila drugim pred menoj dopuščena svoboda, da so si zamišljali kakršnekoli kroge [epicikle etc.] za prikazovanje zvezdnih pojavov –, da bo tudi meni dopuščeno, da preizkusim, ali je mogoče glede revolucije nebesnih sfer ob predpostavki nekega Zemljinega gibanja najti bolj trdne dokaze, kot so bili njihovi.

Tako sem ob predpostavki gibanj, ki jih v nadaljevanju dela pripisujem Zemlji, po številnih in dolgih opazovanjih končno odkril: če primerjamo gibanje preostalih tavajočih zvezd [planetov] s kroženjem Zemlje in so le-ta izračunana z revolucijo vsake zvezde, iz tega ne sledijo samo njihovi pojavi, temveč tudi razporeditve in velikosti vseh zvezd in sfer; [...] Zato sem [...] opisal vse položaje skupaj z gibanji Zemlje, ki jih ji pripisujem, tako da vsebuje ta knjiga tako rekoč splošno konstitucijo univerzuma.«
(*De revolutionibus ...*, str. 25)



Heliocentrična grafična ponazoritev navidezne "pentlje" v orbiti Marsa: pentlja je posledica projekcije zaradi gibanja Zemlje okrog Sonca
(vir: internet)

Andreas Osiander v nagovoru »Bralcu o hipotezah tega dela«
(tj. Kopernikove knjige *De revolutionibus* ..., 1543), odlomka:

- »Ne dvomim, da so nekateri učenjaki – ko je bila razširjena vest o novosti hipoteze tega dela, da se Zemlja giblje, Sonce pa je negibno sredi vesolja –, hudo užaljeni in menijo, da se v svobodnih umetnostih, že davno pravilno vzpostavljenih, ne sme delati zmede. Če pa hočejo stvar natančno pretehtati, bodo odkrili, da ni avtor tega dela [Kopernik] zagrešil ničesar, kar bi si zaslužilo grajo. Astronomu je namreč lastno s skrbnim in umetelnim opazovanjem zbrati zgodbo nebesnih gibanj; nato izmisliti si in izdelati – ker resničnih vzrokov ne more doseči na noben način –, njihove vzroke oziroma hipoteze, ob predpostavki katerih lahko na podlagi načel geometrije pravilno izračuna ta gibanja, tako v prihodnosti kot v preteklosti. Oboje je izvrstno opravil ta avtor. Niti ni nujno, da so te hipoteze resnične, celo ne, da so verjetne, zadošča že edino to, da izkazujejo račun, ki se ujema z opazovanji [...]«. (*De revolutionibus*, str. 13).
- »Dopustimo torej, da postanejo tudi te nove hipoteze, ki niso v ničemer bolj verjetne od starih, znane, zlasti ker so hkrati občudovanja vredne in lahke, in ker prinašajo s seboj ogromen zaklad najbolj učenih opazovanj. Nihče pa naj ne pričakuje od astronomije – od tistega, kar sodi k hipotezam –, karkoli gotovega, kajti ta sama ne more dati ničesar takšnega; da ne bi, če bi stvari, ki so bile izmišljene za drug namen, imel za resnične, odšel od te znanosti bolj bedast kot takrat, ko se je je lotil. Bodi zdrav.« (*ibid.*, str. 15)

Še ena Kopernikova pojasnitev *navideznega* gibanja (vrtenja) neba, tj. Sonca, planetov, zvezd – okrog Zemlje; in zavrnitev očitka geocentrikov (ptolemajcev, aristotelikov, teologov ...), češ da bi v primeru, če bi se Zemlja res gibala, npr. ptiči ali oblaki zaostajali za tem gibanjem ter da bi kamen, vržen navpično v zrak, padel na tla daleč stran – ponazoritev s primerom ladje

- »Če bi se torej Zemlji pripisalo neko gibanje, se bo isto gibanje pojavilo v vseh stvareh, ki so zunaj nje, a v nasprotni smeri, namreč kot nekaj, kar gre mimo nje; in takšna je predvsem vsakodnevna revolucija. Zdi se namreč, da ta zgrabi s seboj cel svet, razen Zemlje in tistega, kar jo obdaja [zraka, oblakov ipd.]. Če pa bi dopustil, da nebo samo nima nič od tega gibanja, marveč se Zemlja vrti od zahoda proti vzhodu, bi, če bi kdo to resno premislil, odkril, da je, kar zadeva pojavní vzhod in zahod Sonca, Lune in zvezd, tako kot pravim. Ker pa je nebo, ki vsebuje in zaobjema vse, skupno mesto vseh stvari, ni takoj očitno, zakaj ne bi gibanja raje pripisali vsebovanemu, kot vsebujočemu; raje umeščenemu kot umeščujočemu.« (*De revolutionibus*, str. 45)
- »Kadar plove ladja v mirnih vodah, se mornarjem zdi, po podobi tega gibanja, da se vse, kar je zunaj nje, giblje, in obratno: menijo, da oni mirujejo z vsem, kar je na ladji. Tako lahko v primeru gibanja Zemlje seveda pride do tega, da velja prepričanje, da celoten svet kroži okrog nje.« (str. 55)



Cf.: "Vesoljska ladja Zemlja"
(*Spaceship Earth*)

Kopernik: trojno gibanje Zemlje

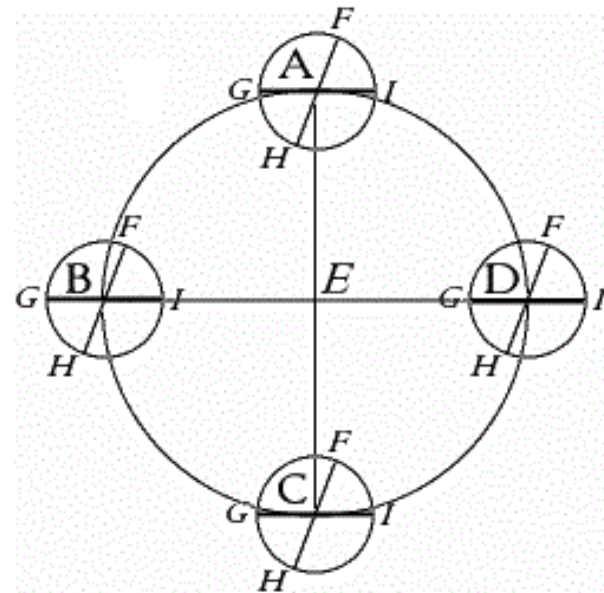
Kopernik je spoznal, da se Zemlja giblje na *tri* načine:

1. dnevno gibanje: *rotacija* = vrtenje Zemlje okrog lastne osi;
2. letno gibanje: *revolucija* (v ožjem pomenu) = vrtenje Zemlje okrog Sonca;
3. stožčasto vrtenje nagiba [Zemljine] osi = *precesija*: en obrat traja ~ 25.765 let, t.i. "platonsko leto", poznali so ga že v antiki.

Tri gibanja so med seboj sistemsko in empirično povezana, npr. revolucija Zemlje (2) implicira njeno rotacijo (1), sicer bi en dan trajal tako dolgo kot eno leto.

Letni časi kažejo na nagib (~ 23°) Zemljine osi glede na ekliptiko, tj. ravnino vrtenja okrog Sonca.

Spreminjanje pozicije zvezd stalnic, npr. zvezde Severnice, namreč v dolgih časovnih obdobjih (stoletjih, tisočletjih) pa kaže na precesijo Zemljine osi.



Kopernikova skica gibanj Zemlje
iz *De revolutionibus* ...
(slov. prev. str. 74)

Hans Blumenberg: *Geneza kopernikanskega sveta*, odlomek:

Kopernik proti koncu prve knjige *De revolutionibus* (slov. prev. str. 81) pravi, da sta že pitagorejca Filolaj in Aristarh učila heliocentrizem. Ob tem se zastavlja vprašanje, zakaj sta od časa pitagorejcev (in celo Platona, ki na nekem mestu v *Timaju* omenja gibanje Zemlje) do Kopernika morali poteči kar dve tisočletji – kako da se heliocentrizem ni uveljavil in prevladal že prej? Blumenberg na to odgovarja:

- »... Vprašanje torej ni, odkod je lahko prišel konstrukcijski domislek [tj. Kopernikov heliocentrizem], temveč kako je lahko postal sprejemljiv in sistematsko dopusten. [...] Ne drži, kakor nekateri pravijo [...], da bi se lahko Kopernik zgodil tudi v kakem poljubnem drugem trenutku po Ptolemaju. [...] naravna filozofija, ki jo je sankcioniral celotni sholastični sistem, ne bi dopuščala rešitve temeljnega astronomskega vprašanja v duhu kopernikanske reforme.« (prev. Tomo Virk, 2001, str. 126–27).

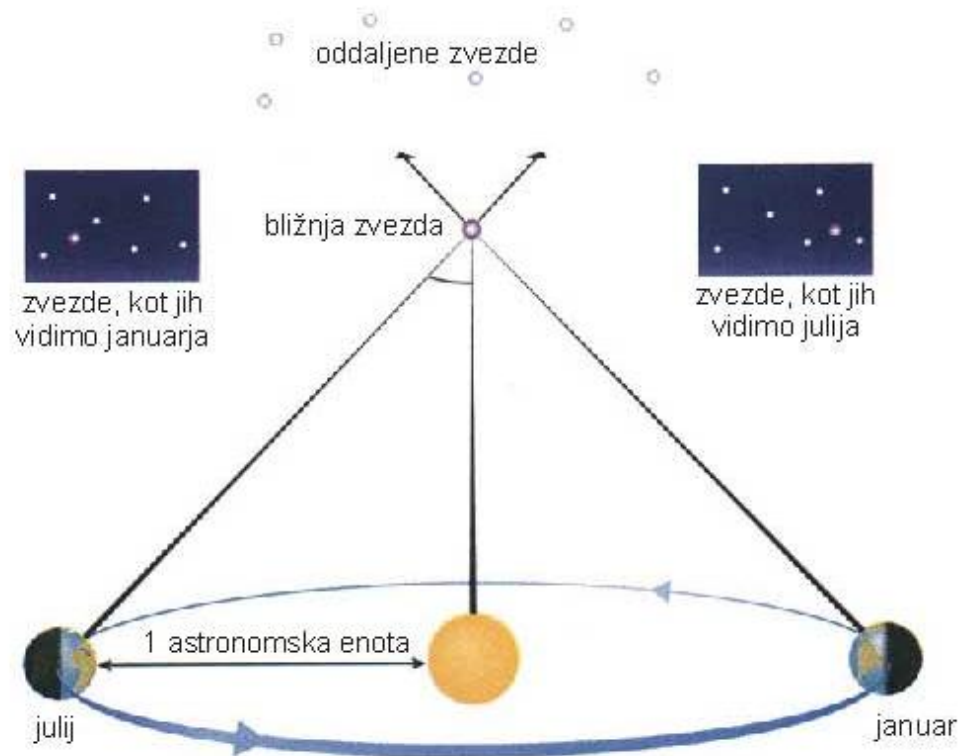
Podobno ugotavlja Galileo Galilej v svojem znamenitem *Dialogu o dveh glavnih sistemih sveta* (1632):

- »Moja osuplost [pravi Salviati, Galilejev *porte-parole*], gospod Sagredo, je zelo drugačna od vaše: vi ste osupli, da je tako malo privržencev pitagorejskega mnenja [tj. heliocentrizma], jaz pa se čudim, kako da se je doslej sploh našel kdo, ki se mu je pridružil in mu sledil, in ne morem dovolj občudovati izjemnega duha tistih, ki so ga sprejeli in vzeli za resnično ter z živahnostjo svojega uma prisilili svoje čute, da so temu, kar jim je ukazoval razmislek, dali prednost pred tem, kar so jim kot nasprotno kar najbolj nazorno kazala čutna izkustva.« (prev. Mojca Mihelič, 2009, str. 307)

Tri povsem znanstvene težave zgodnjega heliocentrizma

1. Kopernik je v svojem heliocentrizmu še vedno moral ohraniti nekaj epiciklov (34) od tiste množice fiktivnih krogov (čez 250) poznega ptolemajskega geocentrizma – to pa zato, ker je bil klasično prepričan, da so orbite planetov krožne (eliptične orbite je uvedel šele Kepler v začetku 17. st.). Matematična eleganca heliocentričnega sistema torej ni bila popolna.
2. V Kopernikovem času še ni bil znan mehanični pojem inercije (vztrajnosti), ki ga je razložil in matematično opisal šele Galilej (tudi v začetku 17. st.) – zato se je moral Kopernik in drugi zgodnji heliocentriki nenehno boriti z ugovorom, češ da bi navpično vržen kamen padel daleč od mesta, kjer je bil vržen, če bi se Zemlja res vrtela; in podobno bi veljalo tudi za ptiče, oblake ...
3. Najtežji ugovor pa je bil “problem paralakse”: če se Zemlja res vrti okrog Sonca, bi se to moralo poznati pri položajih in razporeditvah zvezd stalnic med letnim ciklusom, tj. poleti bi morali videti zvezde drugače kot pozimi (“konstelacije” bi se spreminjale) – vendar takšnih sprememb ne vidimo, so ugovarjali geocentriki, *ergo*: Zemlja se ne vrti okrog Sonca. (Nazorno razlago paralakse gl. na naslednjem slidu.)
Pravilen odgovor na ta ugovor je poznal že Kopernik (in za njim Bruno, Galilej idr.): zvezde stalnice so tako zelo daleč, da sprememb paralaks ne moremo opaziti – in res, letne spremembe teh kotov so bile opažene šele z dokaj močnimi teleskopi v 19. stoletju. Ampak: tako neznansko velikost vesolja, ki se dandanes še povečuje, je človeku težko sprejeti: zakaj, čemú ...?

Zvezdna paralaksa



Velikostna razmerja so tu seveda močno pretirana, saj je najbližja zvezda stalnica, Proksima v južnem ozvezdju Kentavru, od Zemlje oddaljena ~ 270.000 "astronomskih enot", tj. tolikokrat dlje od Sonca, naše Zvezde \rightarrow zato so paralaktični koti zvezd stalnic zelo majhni, nekaj ločnih sekund, na skici pa paralaksa – zaradi nazornosti – znaša skoraj 45° .
(Vir skice: Sašo Dolenc, *Kvarkadabra*, na spletu)

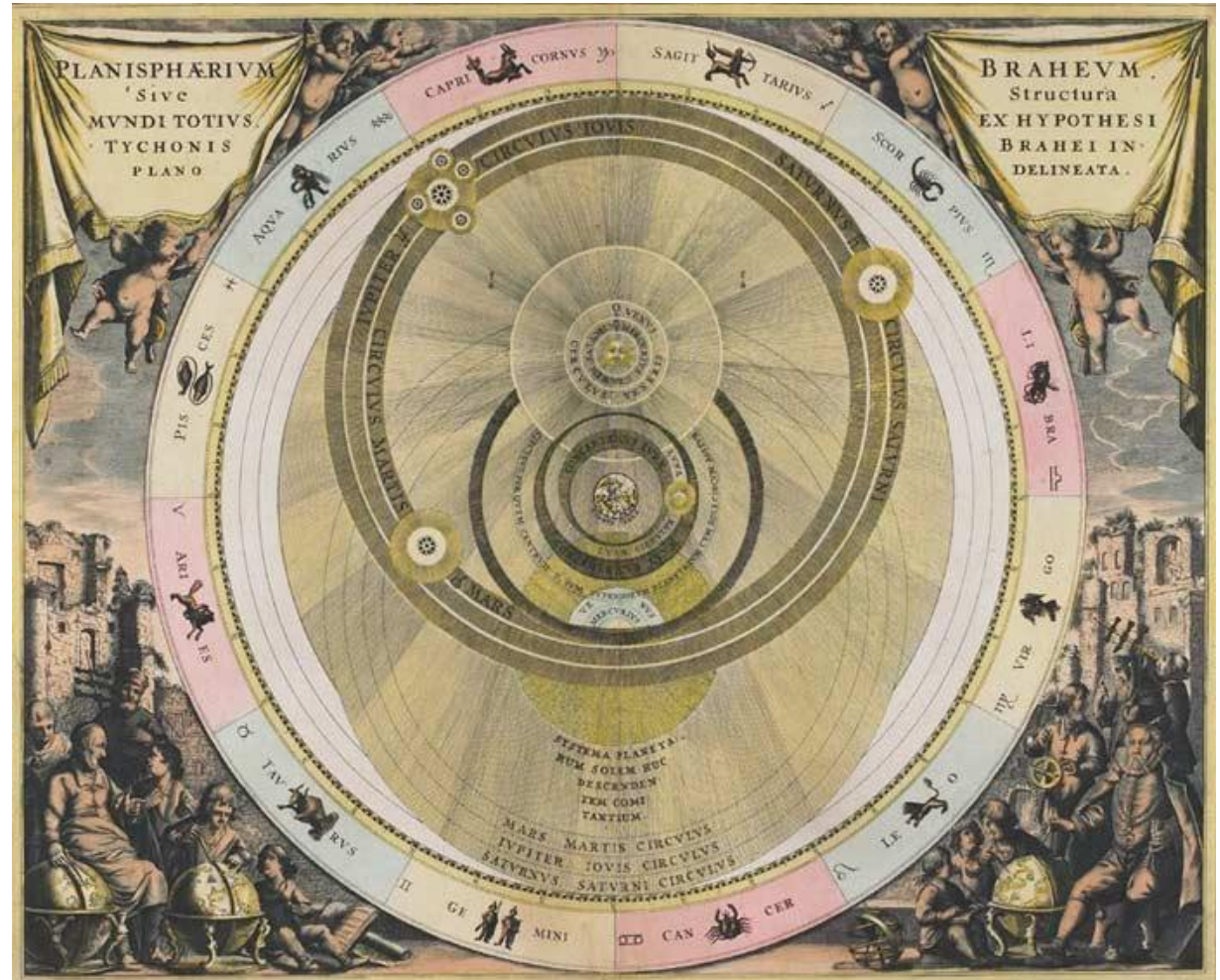
Tycho Brahe, “srednja rešitev” med geocentrizmom in heliocentrizmom:

Sonce se vrti okrog Zemlje, ki miruje, tako kot miruje tudi Sfera zvezd stalnic (s tem odpade “problem paralakse”) – vsi drugi planeti pa se vrtijo okrog Sonca



Tycho Brahe
(1546–1601)

danski astronom,
od leta 1597 dvorni
astronom Rudolfa II.
Habsburškega v Pragi,
njegov učenec in
naslednik je bil
Johannes Kepler



Že Kopernik pa je poznal pravilen odgovor na “problem paralakse”: zvezdno vesolje je *mного* večje od našega Osončja – le dokazati tega ni mogel

Trije odlomki iz Kopernikove knjige *De revolutionibus orbium caelestium* (1543):

- »Zato nas ni sram izpovedati: ves ta prostor, ki ga obkroža Luna skupaj s središčem Zemlje, preideta v tisto veliko sfero med preostalimi tavajočimi zvezdami [planeti] z letno revolucijo okoli Sonca; in v njegovi bližini je središče sveta. Ker pa je Sonce negibno, je tisto, kar se pojavi kot gibanje Sonca, v resnici posledica gibljivosti Zemlje. Velikost sveta pa je takšna, da ima razdalja Zemlje od Sonca v primerjavi z velikostjo katerekoli izmed drugih sfer tavajočih zvezd zadosti razvidno razsežnost, medtem ko v primerjavi s sfero netavajočih zvezd [zvezd stalnic] ni opazna. [...] Prva in najvišja od vseh je sfera zvezd stalnic, vsebujoča samo sebe in vse stvari ter zato negibna ...« (str. 69)
- »... je vsekakor zadosti razvidno, da je nebo v primerjavi z Zemljo neizmerno ter da se ponaša z neke vrste neskončno velikostjo, Zemlja pa je po oceni čutov v razmerju do neba kakor točka do celega telesa in kakor nekaj končnega nasproti neskončno velikemu. To pa očitno ne dokazuje česa drugega; iz tega namreč ne sledi, da bi morala Zemlja mirovati sredi sveta. Mnogo bolj bi se čudili, če bi se v obdobju 24 ur zavrtela tako ogromna razsežnost sveta, kot pa če se zavrti njegov najmanjši delček, ki je Zemlja.« (str. 49)
- »...glede mesta Zemlje: četudi ni v središču sveta, je njena razdalja do središča [Sonca] zanemarljiva, še posebej v primerjavi z njeno razdaljo do sfere netavajočih zvezd [stalnic].« (str. 51)

Od Kopernika h Keplerju ...

Kopernikovo klasično čaščenje *krožnih* orbit (oz. sfer) planetov

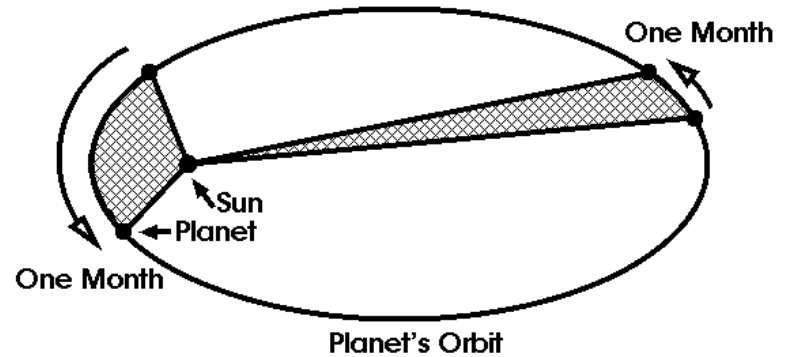
Kopernik v *De revolutionibus*, v 4. poglavju z naslovom *Da je gibanje nebesnih teles vedno enakomerno in krožno ali sestavljeno iz krožnih gibanj*, pravi:

- »Po tem si bomo poklicali v spomin, da je gibanje nebesnih teles krožno. Gibljivost sfere je namreč obračanje v krogu; s tem dejanjem izraža svojo obliko v najenostavnejšem telesu, pri katerem ni moč najti začetka in konca niti ločiti enega od drugega, ko se na istem mestu giblje v samem sebi. Obstaja pa mnogo gibanj v oblasti mnoštva sfer [... in pri planetih je] treba priznati, da so njihova gibanja krožna ali sestavljena iz več krogov, zakaj opaziti je, da se takšne neenakomernosti [npr. retrogradne »zanke« na Marsovi orbiti] stalno ponavljajo z določeno zakonitostjo: kar se ne bi moglo zgoditi, če ne bi bila krožna. Samo krog lahko namreč prinese nazaj preteklo.« (str. 41, 43) – Torej vendarle sistem epiciklov ...!
- Kopernik noče niti pomisliti na to, da bi se odrekel krogom, kajti to [recimo, elipse] bi pomenilo tudi »nestanovitnost gibalne sile« (planetov), kar pa »razum z grozo zavrača« (*ibid.*).

Gibanje planetov: opustitev krogov, uvedba elips



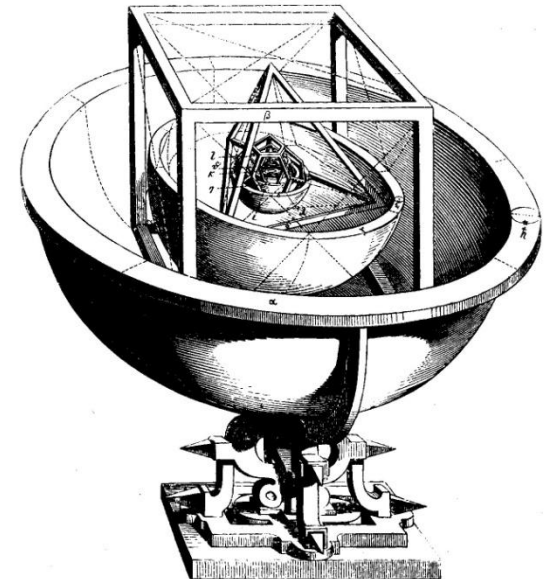
Johannes
Kepler
(1571-1630)



Na osnovi natančnih astronomskih merjenj, zlasti Marsa, ki jih je opravil njegov učitelj in predhodnik Tycho Brahe, je Kepler opisal kroženje planetov okrog Sonca z elipsami. Keplerjevi trije zakoni: 1609 prva dva in 1619 tretji (drugi zakon je ponazorjen *desno zgoraj*).

Vendar se je Kepler, ki je bil po filozofskem prepričanju platonik, težko poslovil od krogov, krogel in "idealnih platonskih teles" (*slika desno*). 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.



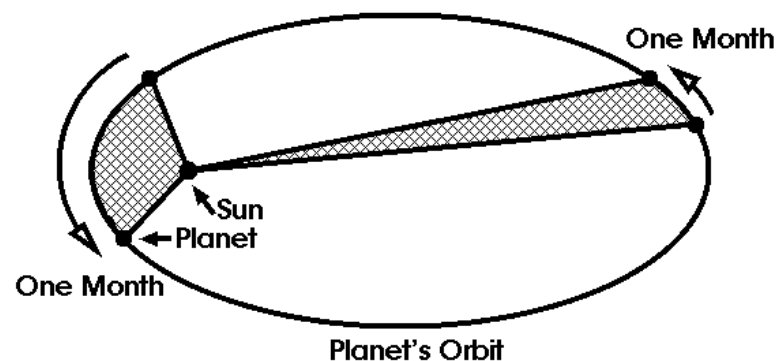
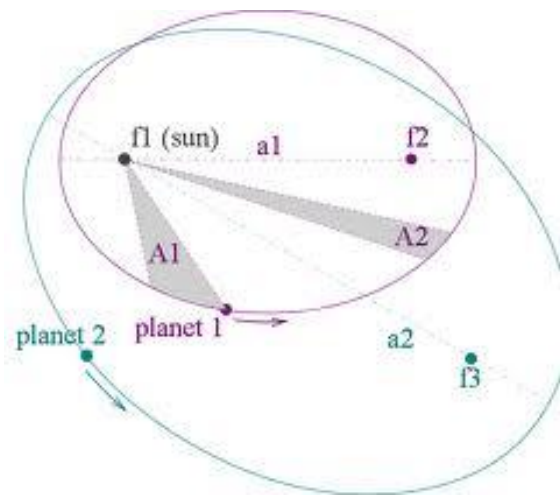
Johannes Kepler (1671–1730), nekaj letnic in glavna dela

- 1596 – zgodnje delo *Mysterium cosmographicum*: platonizem, “idealna” geom. telesa;
- 1600 – srečanje s Tychom Brahejem v Pragi, vzame ga za pomočnika, toda Brahe umre že naslednje leto, Kepler ga nasledi na mestu cesarskega astronoma (1601–1611) pri Rudolfu II. Habsburškemu; pozneje Kepler živi v Linzu kot ugleden učenjak;
- 1606 – *Stella nova* (Nova zvezda): v tem delu Kepler mdr. piše o zvezdi “supernovi”, ki je zasvetila na nebu leta 1604; tu polemizira tudi z Giordanom Brunom (umrl na grmadi 1600), Kepler namreč ne sprejema misli, da je vesolje neskončno;
- 1609 – *Astronomia nova*: v tem delu je objavil svoja prva dva zakona gibanj planetov;
- 1610 – “Razgovor z [Galilejevim] *Zvezdnim glasnikom*”, imamo tudi v slov. prevodu: Kepler v glavnem podpira Galileja (in Kopernika), čeprav je skeptičen do nekaterih Galilejevih odkritij (uporaba teleskopa, relativnost gibanja ipd.); po drugi strani pa tudi Galilej zavrača Keplerjeve elipse in vztraja pri krogih;
- 1615 – Keplerjevo mater obtožijo čarovništva, vendar mu uspe, da jo reši grmade;
- 1616 – Cerkev (“Sveti oficij”) postavi na “Indeks” Kopernikovo delo *De revolutionibus* ...
- 1619 – *Harmonices mundi* (Harmonija sveta): najbolj znana in vplivna Keplerjeva knjiga, v kateri dvema zakonoma planetov (1609) doda še tretjega, sicer pa vztraja pri platonsko-pitagorejski harmoniji kozmosa, vsakemu planetu pripiše tudi določen “zven”;
- 1617–1621 – *Pregled kopernikanske astronomije*: obširen “učbenik” heliocentrizma;
- 1627 – *Tabulae Rudolphinae*: astronomske tabele, posvečene cesarju Rudolfu II., v katerih je Kepler natančno določil položaje 1000 zvezd (Tycho Brahe: 777).

Keplerjevi trije zakoni gibanja planetov

1. Planeti se gibljejo/vrtijo okoli Sonca po elipsah. V enem [od dveh], v skupnem gorišču/fokusu teh elips je Sonce.
2. Zveznica ("radij") Sonce–planet "pokrije" v enakih časovnih intervalih enake ploščine [= enake izseke elipse]; iz tega sledi, da se hitrost planeta na orbiti spreminja.
3. Razmerje med kuboma srednjih razdalj dveh planetov do Sonca je enako razmerju med kvadratoma njunih obhodnih časov.

Tretji zakon omogoča izračun razdalje planetov od Sonca, če so znani njihovi obhodni časi in če je znana razdalja med Zemljo in Soncem.



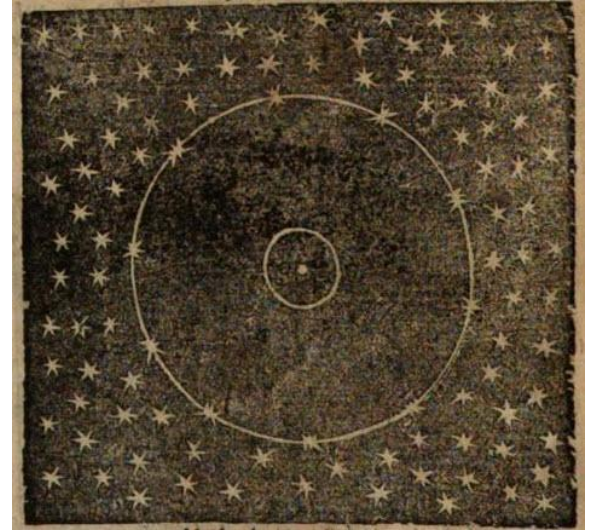
Nota bene: Če opustiš kroge – ki so bili klasično “samoumevni”, tj. pomenili so “naravno” gibanje nebesnih teles – potrebuješ ne le *kinematiko* planetov (vedo o njihovem gibanju ← Kopernik), ampak tudi *dinamiko* (vedo o silah → Newton), kajti elipse zahtevajo novo razlago s silami, tj. odgovor na vprašanje, *zakaj* pa ravno (planetarne) elipse, saj niso “popolne” kot krogi? Kepler je bil znanilec Newtonove dinamične mehanike in je v bistvu že vedel, da je Sonce *vir* gibalne sile planetov.

Keplerjevo prepričanje o posebnosti, enkratnosti naše “vesoljne regije”

– kozmos je velika votlina s Soncem v središču in zvezdno Sfero na obodu

- »Nikoli se ne bo zgodilo, da bi bil nebesni videz za opazovalce, za katere si zamišljamo, da so na teh [drugih] zvezdah, podoben videzu, ki ga vidimo mi: sklep je, da bo mesto, v katerem smo, vselej obdržalo posebno naravo, ki ne more biti pripisana nobenemu drugemu mestu v vsej tej neskončnosti.« (*De stella nova*, nav. iz: Koyré, prev. B. Kante, str. 62).
- » ... V resnici pa je sredi [regije zvezd stalnic] gotovo neka neizmerna praznina, velika votlina, ki jo kot zid ali obok obkroža in tako rekoč zapira trop jasnih zvezd stalnic; naša Zemlja s Soncem in premikajočimi se zvezdami [planeti] je umeščena v nedra te neizmerne votline.« (*Pregled ...*, nav. iz: Koyré, str. 71).

Zanimivo je, da Kepler podpira tezo o posebni, enkratni naravi naše vesoljne »regije« (tj. Osončja) z znanstvenimi, astronomskimi argumenti, npr. z merjenjem navideznih premerov zvezd – to pa se je z odkritjem teleskopa izkazalo za zmotno: zvezde stalnice so vidne le kot točkasta telesa, ker so tako zelo daleč, njihov navidezni premer (“obstret”) je zgolj optična iluzija.



Skica iz Keplerjeve knjige
*Epitome astronomiae
copernicanae* (Pregled
kopernikanske astronomije,
1617-1621), vir: internet.

Keplerjeva kritika Brunove neskončnosti vesolja

- » ... to mišljenje [o neskončnem vesolju, namreč Brunovo in njegovih somišljenikov, npr. Williama Gilberta] prinaša s seboj kdove katero skrivno, skrito grozo; človek dejansko odkrije, da biva v tej neizmernosti, ki ji zanikujejo meje, središče in zato tudi kakršnokoli določeno mesto. [...] Za popotnika ni dobro, če zablodi v tej neskončnosti« (*De stella nova*, nav. iz: Koyré, str. 57).
- »... ta prostor, kjer živimo ljudje, skupaj s Soncem in planeti, je prvotno nedrje vesolja in nemogoče je, da bi se s katere od zvezd stalnic odpiral tak pogled na vesolje, kakršen se ponuja z naše Zemlje ali celo s Sonca.« (“Razgovor z *Zvezdnim glasnikom*”, gl. v knjigi *Nebeške novice Galilea Galileija* (ur. M. Vesel, str. 199).

Kepler v *Razgovoru* ... poudarja, da »množica zvezd stalnic kakor zanesljiv zid obdaja to nedrje« (*ibid.*, str. 205) in da »svetloba našega Sonca presega svetlobo zvezd stalnic« (*ibid.*) ter svari, naj »raje pazimo, da ne zaidemo v neskončnost, ki jo sprejemajo [nekateri] filozofi ...« (*ibid.*, str. 206). – Očitno Kepler ostaja v okviru aristotelskega pojmovanja zgolj potencialne, tj. matematične, ne pa tudi fizične neskončnosti, sicer pa je njegov glavni filozofsko-metodološki okvir platonizem: harmonija vesolja.

- »Bruno in nekateri drugi so res mislili tako [da je vesolje neskončno in povsem razsrediščeno (in s tem tudi homogeno)]. Toda tudi če središča zvezd stalnic ne bi bila na isti sferični površini [gl. sliko na prejšnjem slidu], iz tega ne sledi, da je regija, v kateri so razpršene, vsepovsod podobna sami sebi. [In dalje, kar smo že navedli:] V resnici pa je sredi [regije zvezd stalnic] gotovo neka neizmerna praznina, velika votlina ...« (*Pregled kopernikanske astronomije*, iz: Koyré, str. 71).



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:

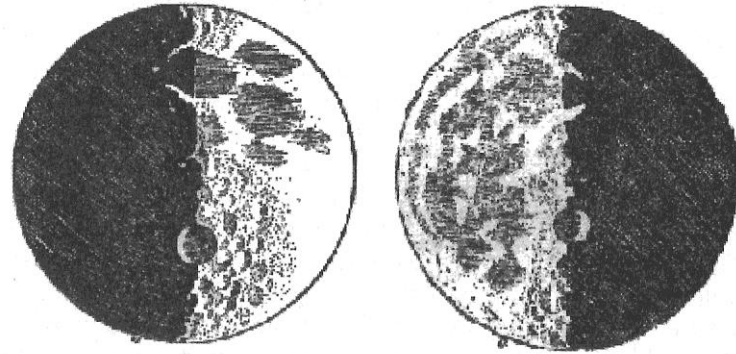
Eppur si muove! (In vendar se giblje!)

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

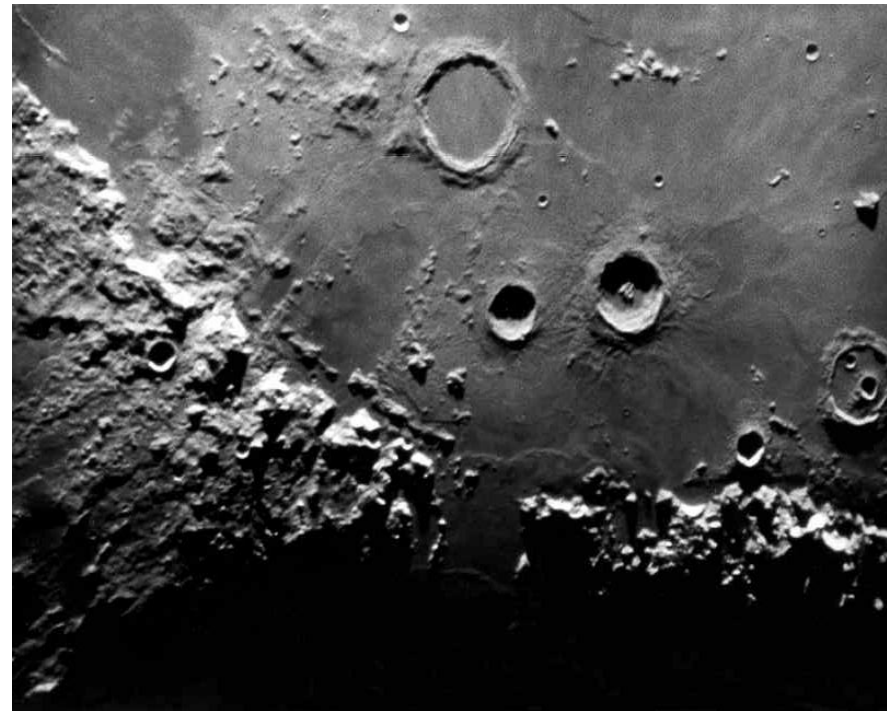
Galilejeve *Zvezdne novice* (1): odkritje gorá na Luni

- “... 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).

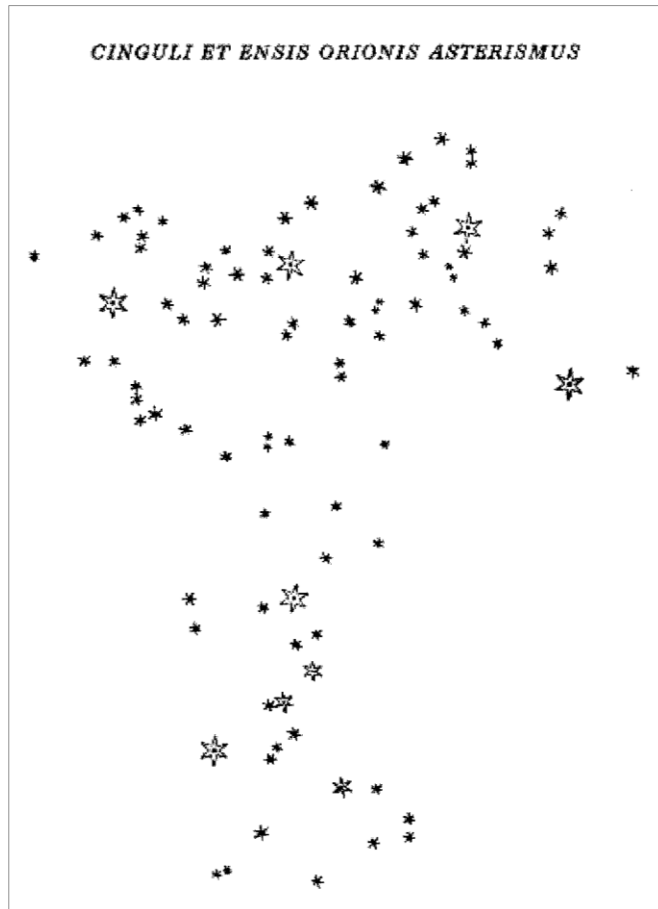
GALILEO GALILEI: SIDEREUS NUNCIUS



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*

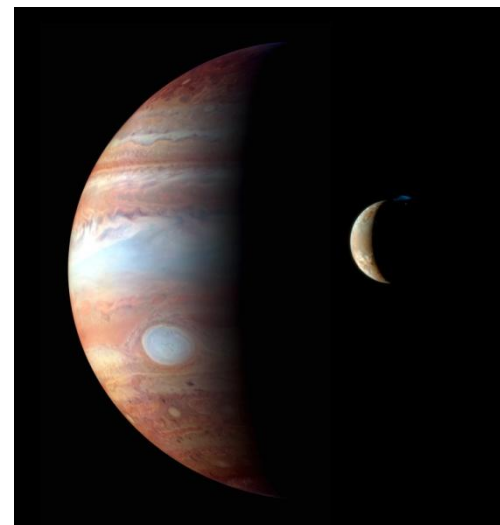
(3): Galaksija (“Mlečna cesta”) sestoji iz samih zvezd!

- “... 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 intercipientant, 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).



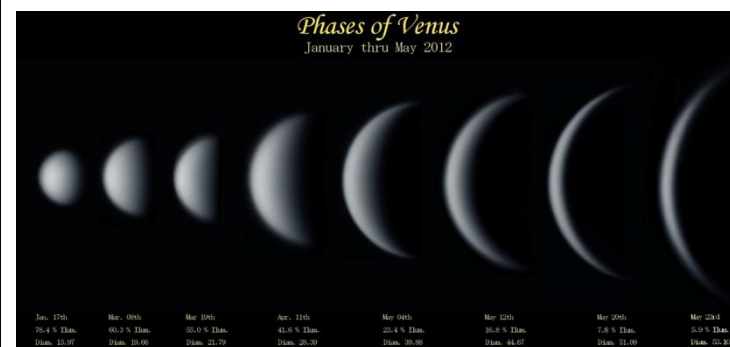
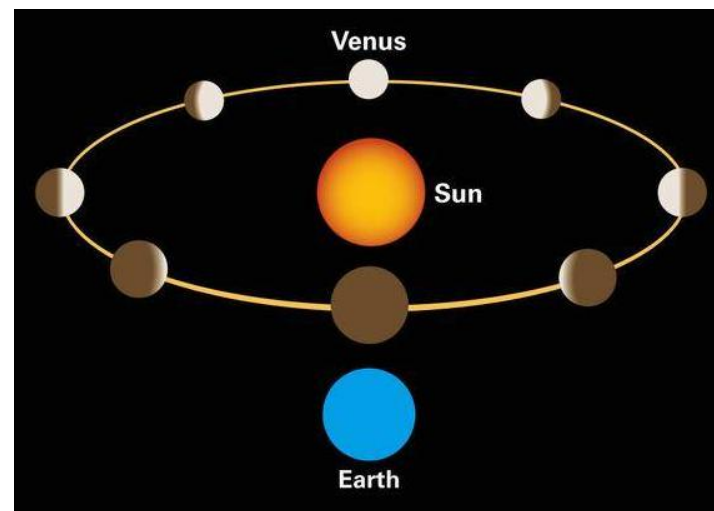
Štirje največji Jupitrovi sateliti/lune so, po velikosti: Ganimed, Kalisto, Io, Evropa

Še en dokaz za vrtenje planetov okrog Sonca: Venerine méne (ali faze)

Galilej je z daljnogledom odkril tudi to, da ima planet Venera ("zvezda" Večernica + Danica), ki je bliže Soncu kot Zemlja, štiri méne ali faze, tako kot naša Luna, medtem ko pri planetih Marsu, Jupitru in Saturnu, ki so dlje od Sonca kot Zemlja, njihovih mén ne opazimo – z Zemlje jih ne moremo videti, ker ti "zunanjji" planeti nikoli ne pridejo v prostor *med* Soncem in Zemljo. Luna pa seveda lahko pride med Sonce in Zemljo: tedaj je mlaj ali celo Lunin mrk, njeni "krajci" pa vidimo, preprosto rečeno, tedaj, ko je kót med Soncem in Luno z Zemlje med 0° in 90° – in analogno velja za Venero. Iz Venerinih mén je Galilej bistroumno sklepal, da se Venera vrti okrog Sonca ...

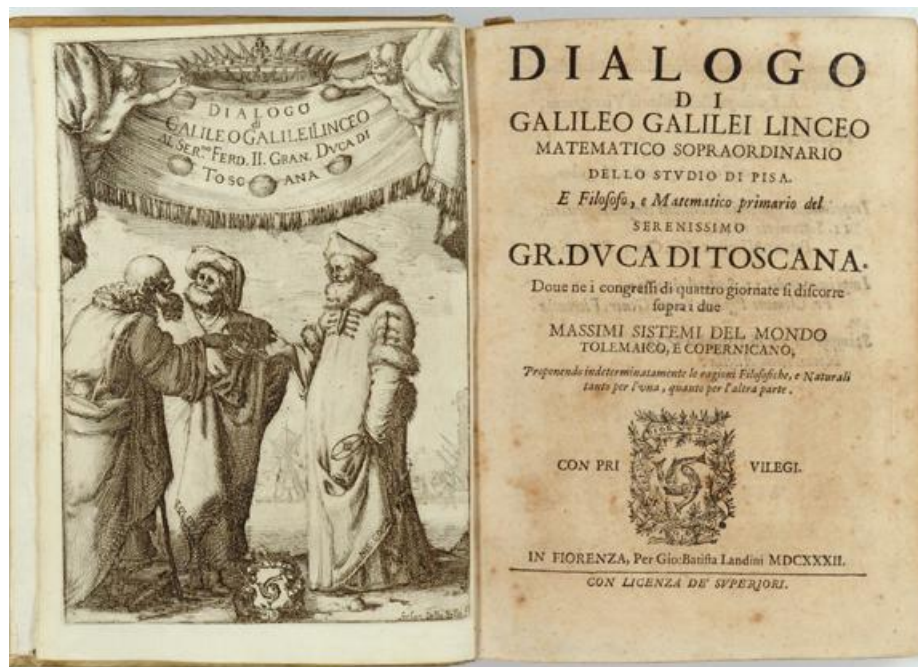
V Galilejevem *Dialogu o dveh svetovnih sistemih* (1632) trije govorci (Salviati, Sagredo in Simplicij) razpravljajo tudi o vprašanju Venerinih mén, pri čemer tretji (aristotelik) povzema, čeprav nerad, razlago prvega (kopernikanca, dejansko samega Galileja) takole:

- "... ker je res, da nam takrat, kadar se zdi [Venera] zelo velika, kaže rogljičasto obliko, kadar se zdi zelo majhna, pa je videti popolnoma okrogla; ponavljam, ker obstajajo taki pojavi, ne vem, ali se je mogoče ogniti trditvi, da se ta zvezda [tj. planet Venera] vrti v krogu okrog Sonca ..." (slov. prev., str. 304).



Na sliki so Venerine méne, kot so bile vidne z malce boljšim daljnogledom med januarjem in majem 2012; ko je Venera blizu Zemlje, je večja in vidna kot srp, ko je dlje, je manjša in "polna".

Galilej je verjel, da je “veliko knjigo narave” napisal Bog, Stvarnik vesolja



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 vsemogočnega Stvarnika, popolnoma ujema, in zato nam je celo bolj dostopna in dragocena, saj se v njej našemu pogledu najočitneje kaže Njegovo delo in mojstrstvo. Med vsem, kar se da v naravi spoznati, lahko po mojem prepričanju na prvo mesto postavimo ustroj vesolja ...”