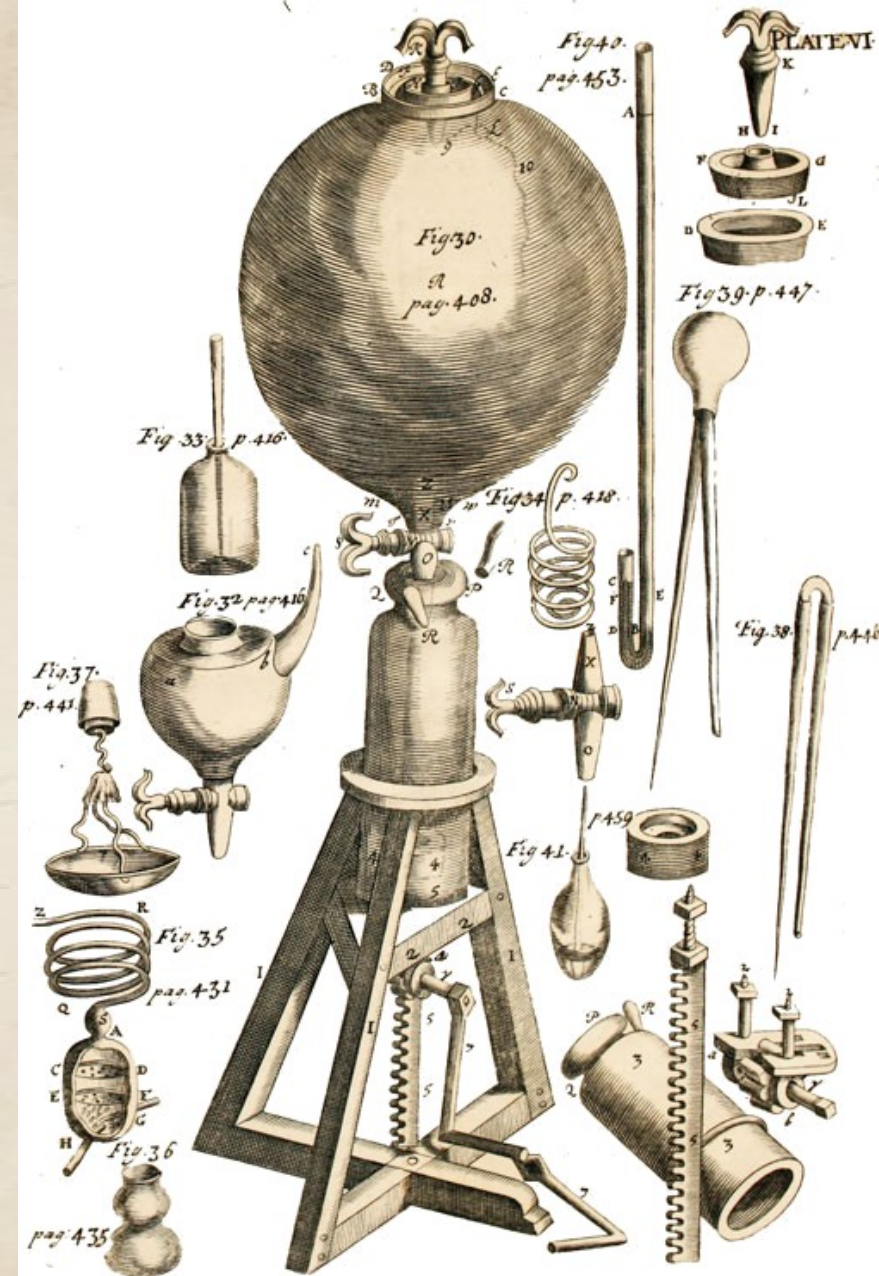


Novověká věda: Vybrané kapitoly

Daniel Špelda, Katedra filosofie FF MU

Jarní semestr 2021



Seznam témat

I. Starý svět a nový svět

- renesanční přírodopis
-

II. Propojený svět

- okultní obory: sympatie, antipatie; astrologie, magie, alchymie
-

III. Svět nových vědeckých metod

- empirismus x racionalismus; matematizace x experimentalismus; věda x náboženství
-

IV. Supralunární svět

- **astronomie, kosmologie: geocentrismus, heliocentrismus, geoheliocentrismus**
-

V. Sublunární svět

- fyzika těles
-

VI. Mikrokosmos a živý svět

- medicína, vědy o živé přírodě
-

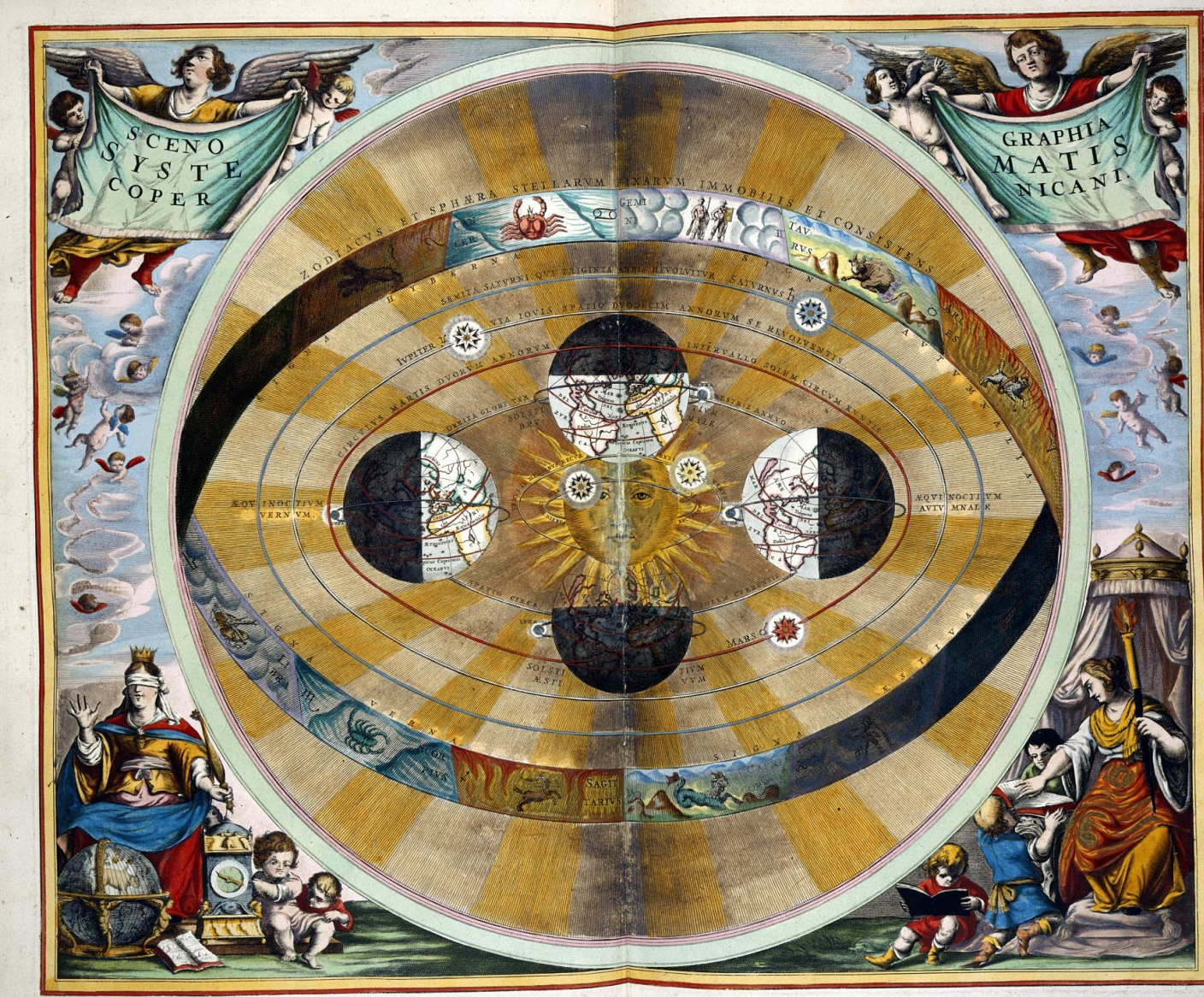
VII. Svět, který dospěl

- raná geologie (teorie Země) a počátky evolučního myšlení

IV. Supralunární svět
– astronomie



1. Antická astronomie

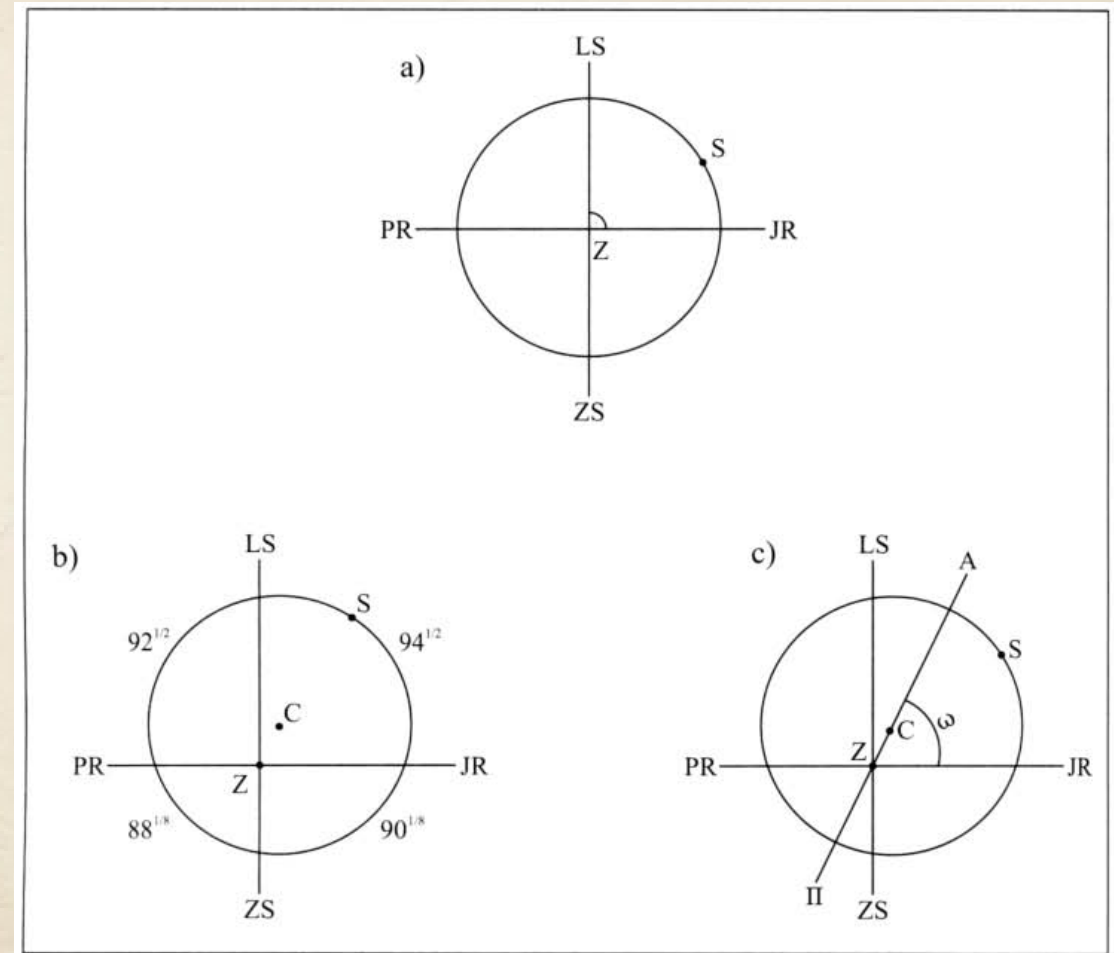


Platónský postulát

- Už v antice astronomie jako pozorování oblohy a vytváření kinematických modelů.
- Kinematika (podle Wikipedie) = popis pohybu bez hledání jeho příčin. Naproti tomu dynamika zkoumá pohyb z hlediska působení sil. Kinematika se tedy zaměřuje na sledování polohy, rychlosti apod., ale neuvádí dynamické příčiny pohybu.
- Tzv. platónský postulát antické astronomie: astronomové mají vyložit jevy na obloze pomocí kruhových pohybů, které jsou metafyzicky nejvznešenější – vytváření kinematických modelů.
- Reakce na dvě objevené anomálie.

První anomálie a model tzv. excentru

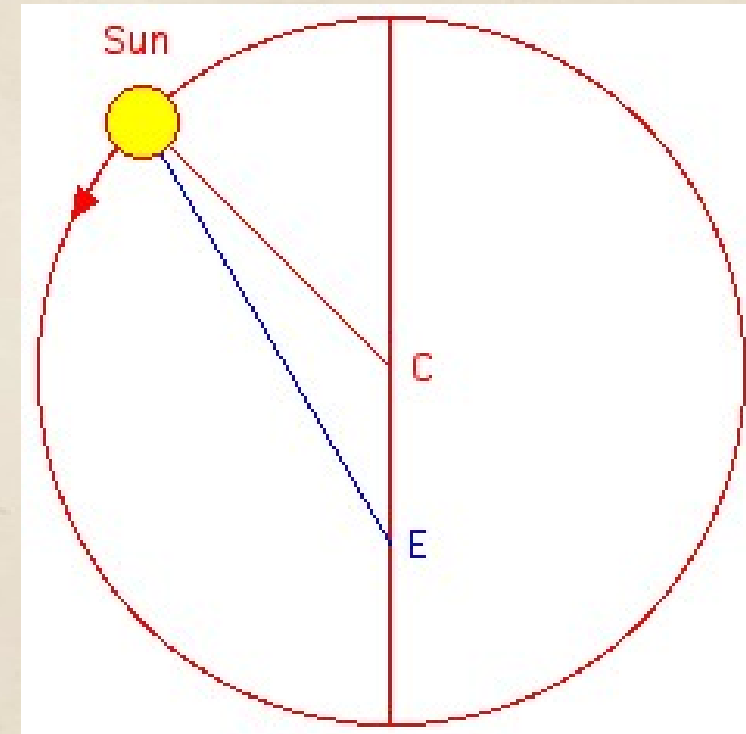
- Na obrázku je **ekliptika** (viditelná dráha Slunce mezi hvězdami v průběhu roku, zde nahlížená shora, ze severního světového pólu).



7

Hlavní parametry pro konstrukci **excentru**:

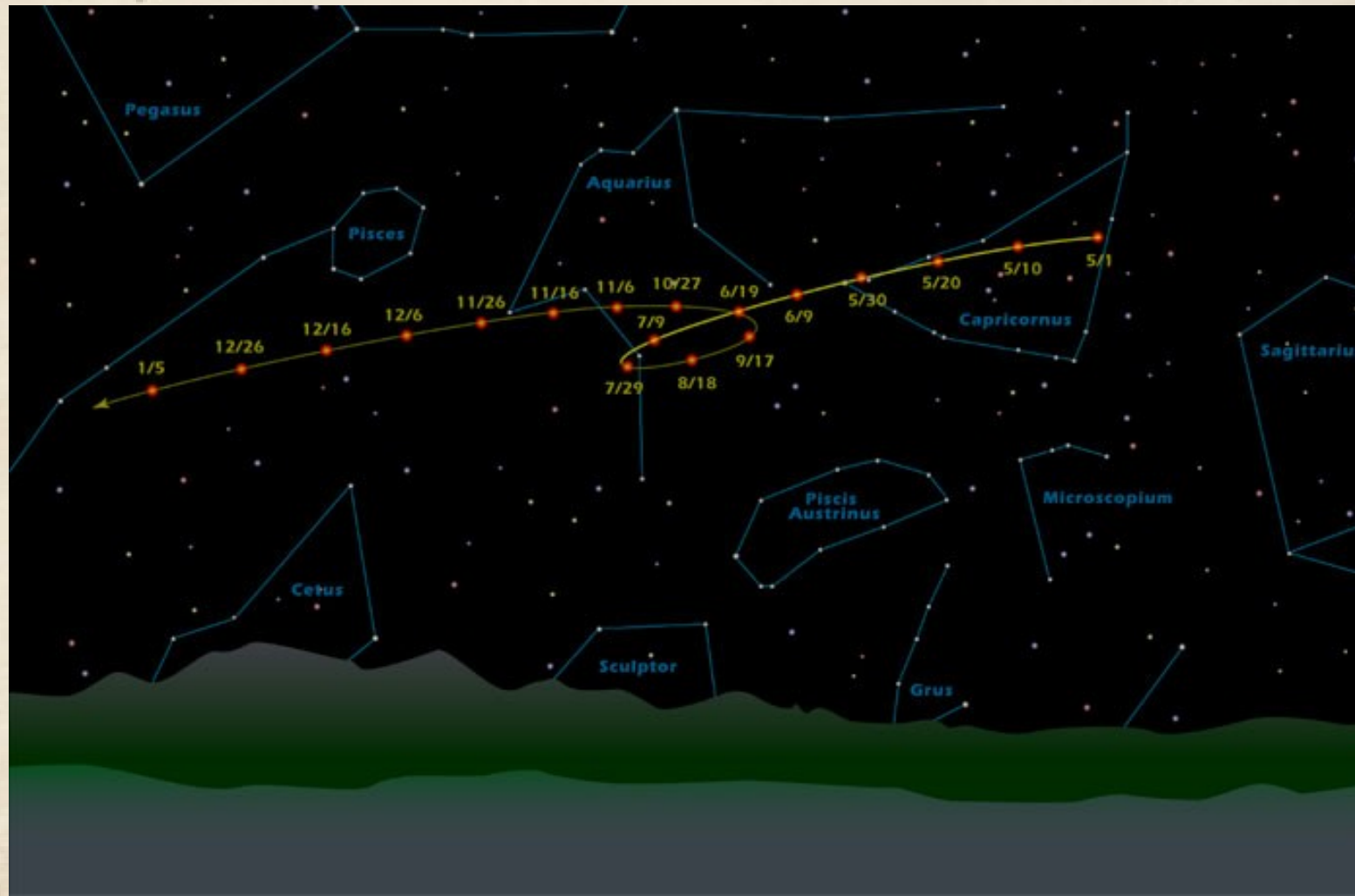
- 1) Co nejpřesnější délka tropického roku, který udává rychlost pohybu Slunce po **excentru**.
 - 2) Poloha apogea (na **ekliptice**, tj. jeho ekliptikální délka), tj. úhel omega na obrázku c. Tento úhel určuje směr, ve kterém bude umístěn střed excentru C při pohledu ze Země. Hipparchos stanovil hodnotu tohoto úhlu na $65 \frac{1}{2}$;
 - 3) **Excentricita deferentu**, tj. poměr ZC k poloměru celého kruhu. Tato hodnota stanovuje míru, v jaké bude střed excentru C vzdálen od Země, a Hipparchos ji podle Ptolemaia stanovil na $1/24$ (*Almagest*. III,3).
- Takto nastavený model velmi dobře odpovídal pozorovaným jevům: s jeho pomocí se daly **předpovídat** polohy Slunce a tedy také jeho **zatmění**.



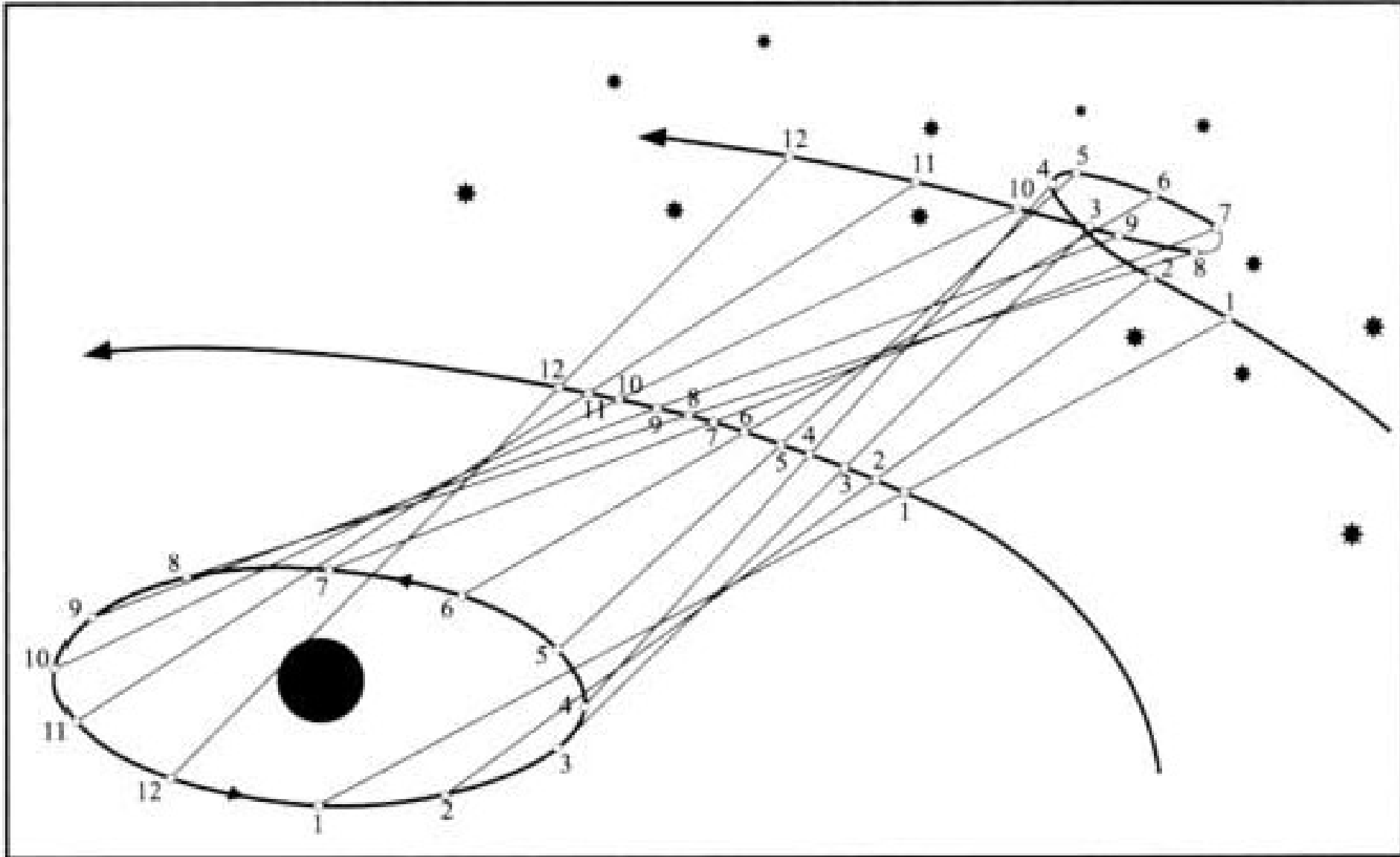
8

Druhá anomálie:

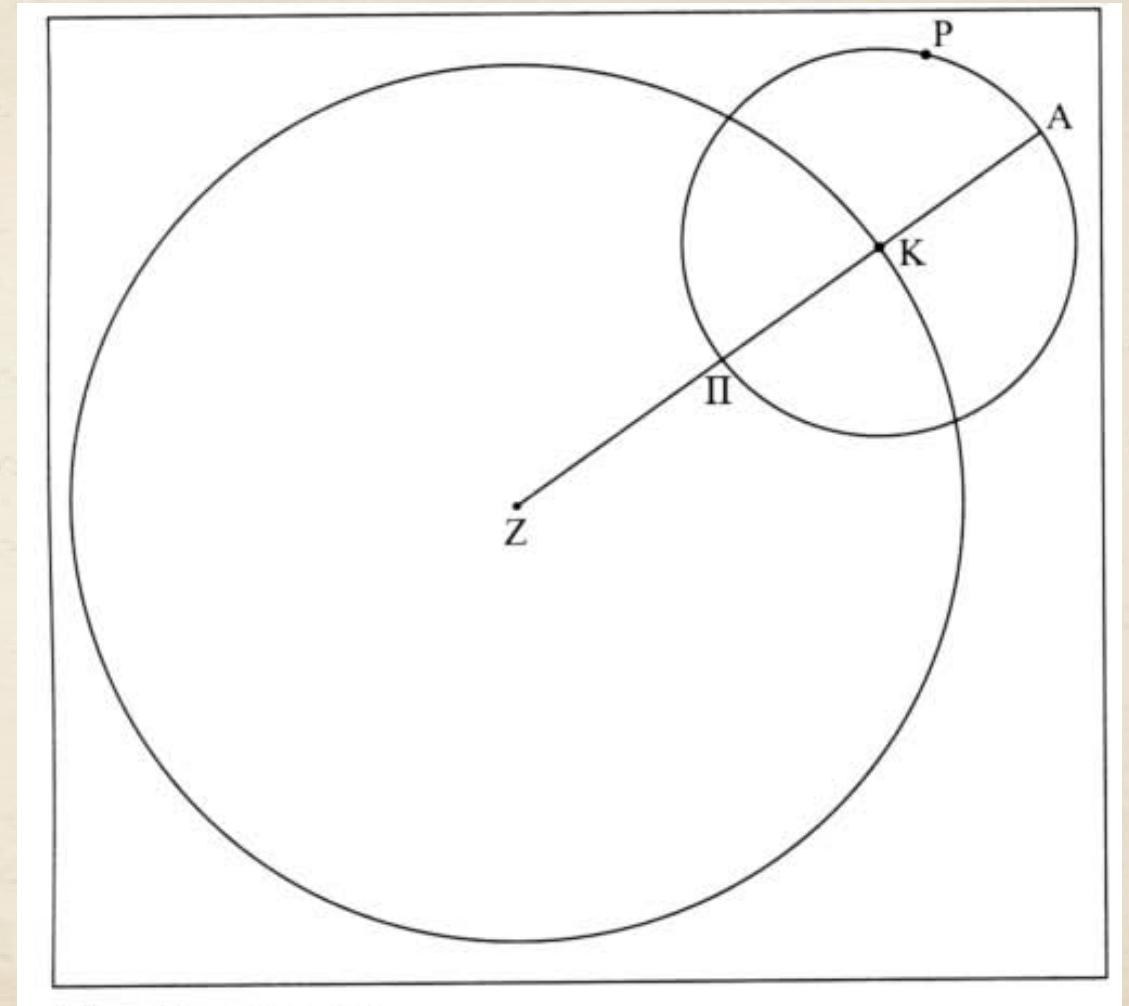
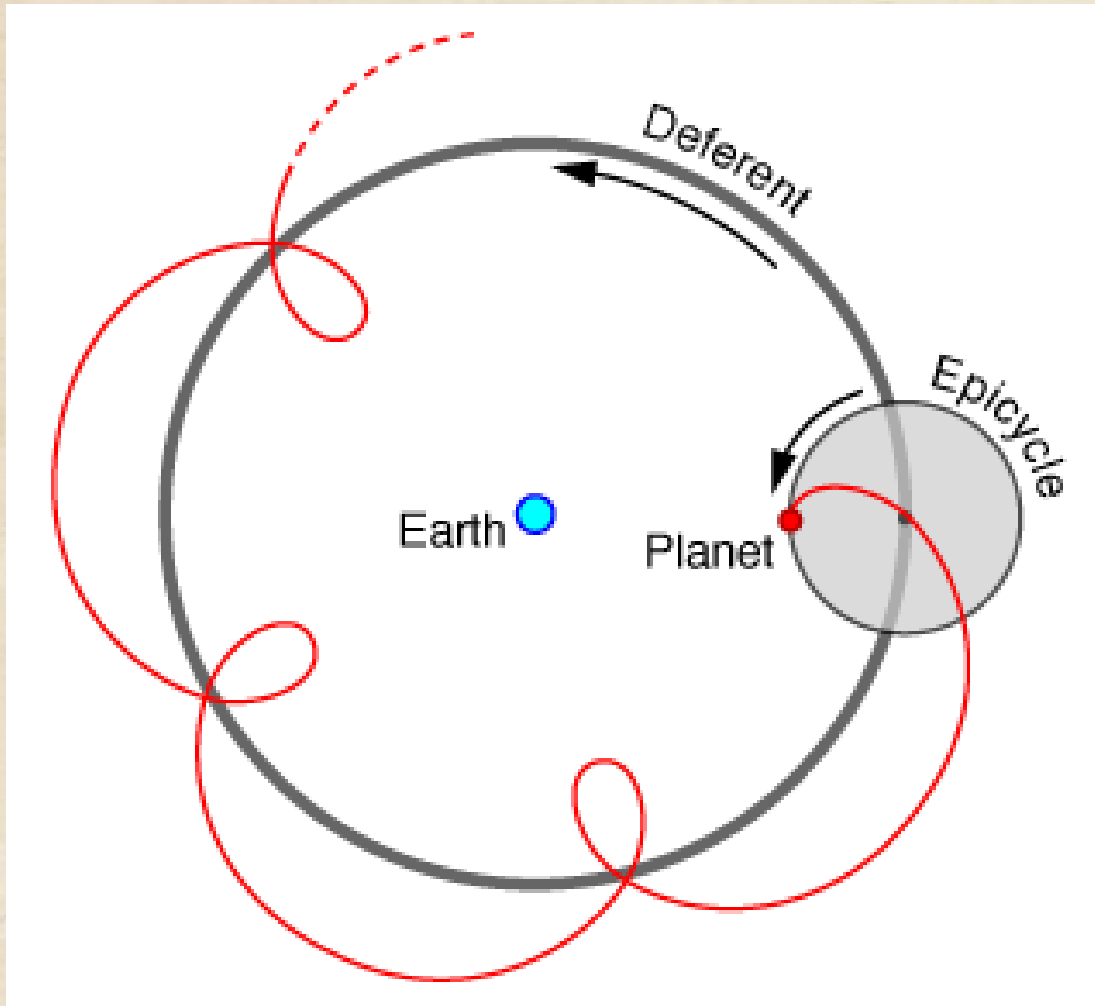
- Pozemskému pozorovateli se zdá, jakoby planety vykonávaly na obloze zpětné pohyby, které vytvářejí dráhu ve tvaru smyčky.



Heliocentrické vysvětlení druhé anomálie



Řešení druhé anomálie – model tzv. epicyklu



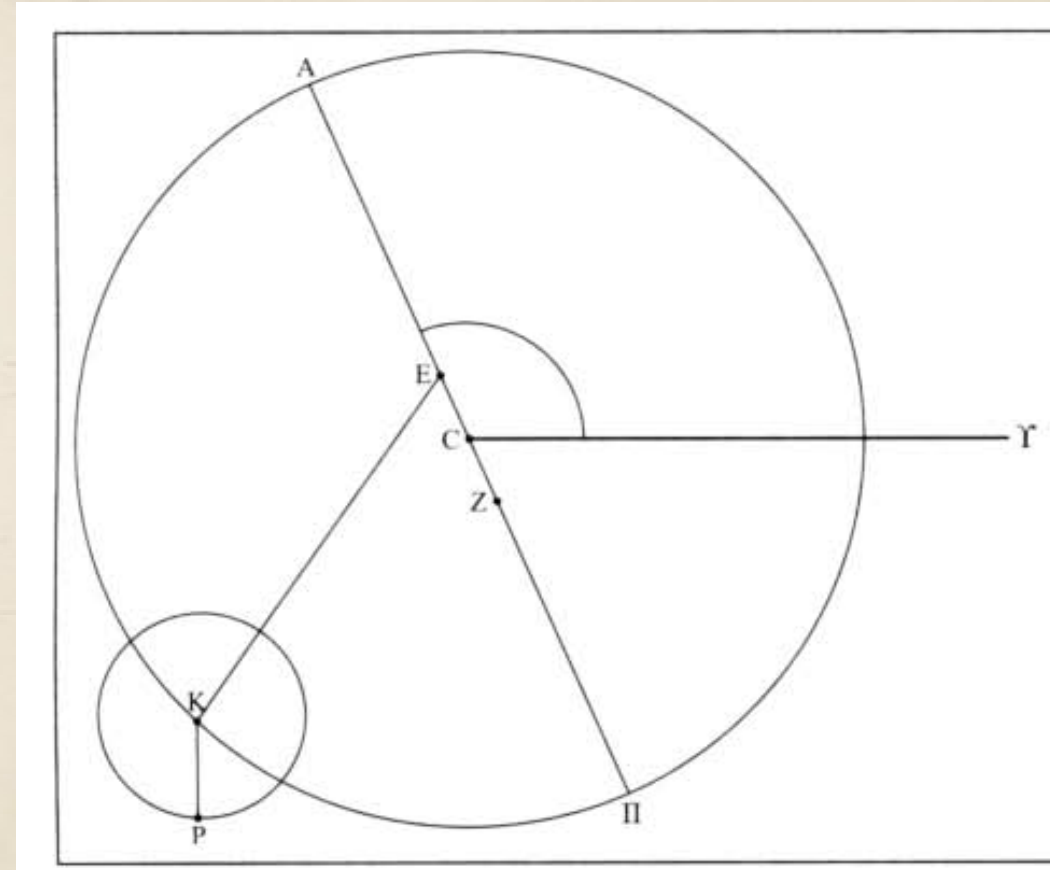
- Animace kinematických modelů [zde.](#)

Hlavní parametry pro konstrukci **epicyklu**:

- a) Doba oběhu středu epicyklu po **deferentu**.
 - b) Doba oběhu planety po **epicyklu**.
 - c) Poměr poloměrů **deferentu** a **epicyklu** (tj. nikoli absolutní velikosti, ty nejsou potřebné).
 - d) Poloha **apogea** (jeho ekliptikální délka).
- Nejvýznamnější helénistický astronom: Hipparchos z Níkaie (190-120 př. n. l.).

Ptolemaios a model tzv. ekvantu

- Klaudios Ptolemaios (100-170 n. l.), Alexandrie.
- Mnoho spisů, které systematicky vykládaly základy matematických oborů: optika, astrologie, geografie, harmonie, astrologie...
- *Mathematiké syntaxis* (od 3. stol. *megalé* (velká) a později dokonce *megisté* (největší)). Do arabštiny přeložen výrazem *al-majisti* a pak do latiny jako *almagesti* nebo *almagestum* – odtud *Almagest*
- Animace [ekvantu](#) a ještě [zde](#)



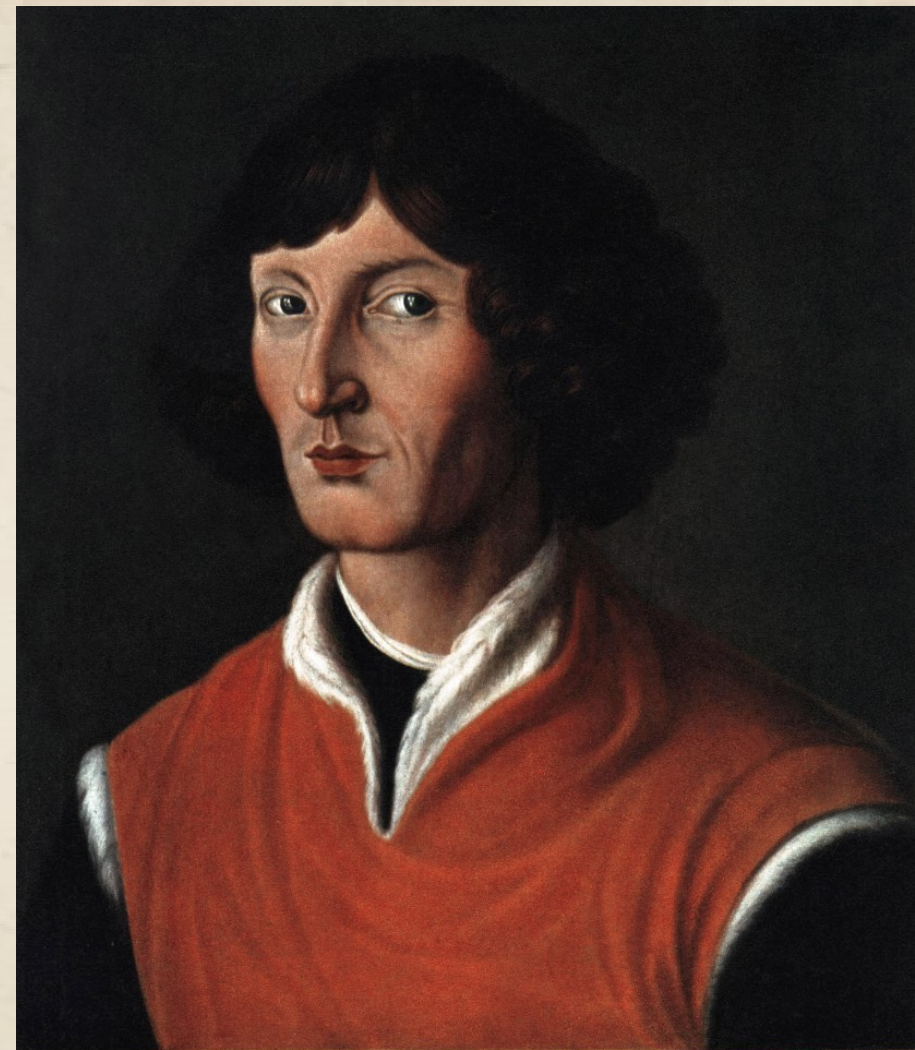
Hlavní parametry pro konstrukci **ekvantu**:

- a) Poměr poloměru **epicyklu** vůči poloměru **excentru**.
- b) Míra **excentricity deferentu**, neboli poměr ZC k poloměru **deferentu**.
- c) Úhlová rychlost planety P na **epicyklu** a úhlová rychlost středu **epicyklu** K na excentru, tj. hodnota změny **ekliptikální délky** za určitý čas.
- d) Poloha **apogea** (tento úhel určuje směr, ve kterém bude umístěn střed excentru při pohledu ze Země).

Metodologie „zachránit jevy“

- ▶ *Sozein ta fainomena – salvare apparentias.*
- ▶ **Ekvant** porušoval platónský postulát kruhového pohybu.
- ▶ Kinematické konstrukce jsou jen matematické modely, nikoli kosmologická schémata; poskytují předpovědi, nikoli informace o povaze kosmu a příčinách pohybu.
- ▶ Zachránit jevy: instrumentalistická metodologie. Astronomie pouze poskytuje predikce, aniž by odpovídala fyzikální skutečnosti. Je jí odmítnut „realistický“ nárok; astronomie není skutečné teoretické poznání (neposkytuje příčiny ani „pravdu“), ale pouze pomocnou technickou disciplínou pro kalendář a astrologii.
- ▶ Rozdělení astronom (matematický popis) **x** fyzik (příčiny pohybů, podstata těles).

2. Mikuláš Koperník (1473-1543)



CLARISSIMUS ET DOCTISSIMUS DOC-
TOR NICOLAUS COPERNICUS TORU-
NENSIS CANONICUS WARMIENSIS
ASTRONOMUS INCOMPARABILIS. 1576.

Život a dílo

- Narodil se na severu Polska – Toruň.
- Studoval v Krakově, pak se stal kanovníkem (kněz s nižším svěcením).
- R. 1496 odjel studovat do Itálie, Bologna, Ferrara.
- Zbytek života jako kanovník ve Fromborku/Frauenberg.
- *Commentariolus* (1515): krátký rukopis obsahující **heliocentrický** systém; v létě 1533 si o něm se zájmem vyslechl papež Klement VII.
- R. 1536 napsal Koperníkovi kardinál Schönberg, že má zájem o nový systém.
- Církev se držela tradiční metodologie „zachránit jevy“ – **heliocentrismus** byl považován jen za další hypotézu.
- 1543 vyšlo v Norimberku *De revolutionibus orbium coelestium* (O obězích nebeských sfér, slov. 1973, čes. 2016).

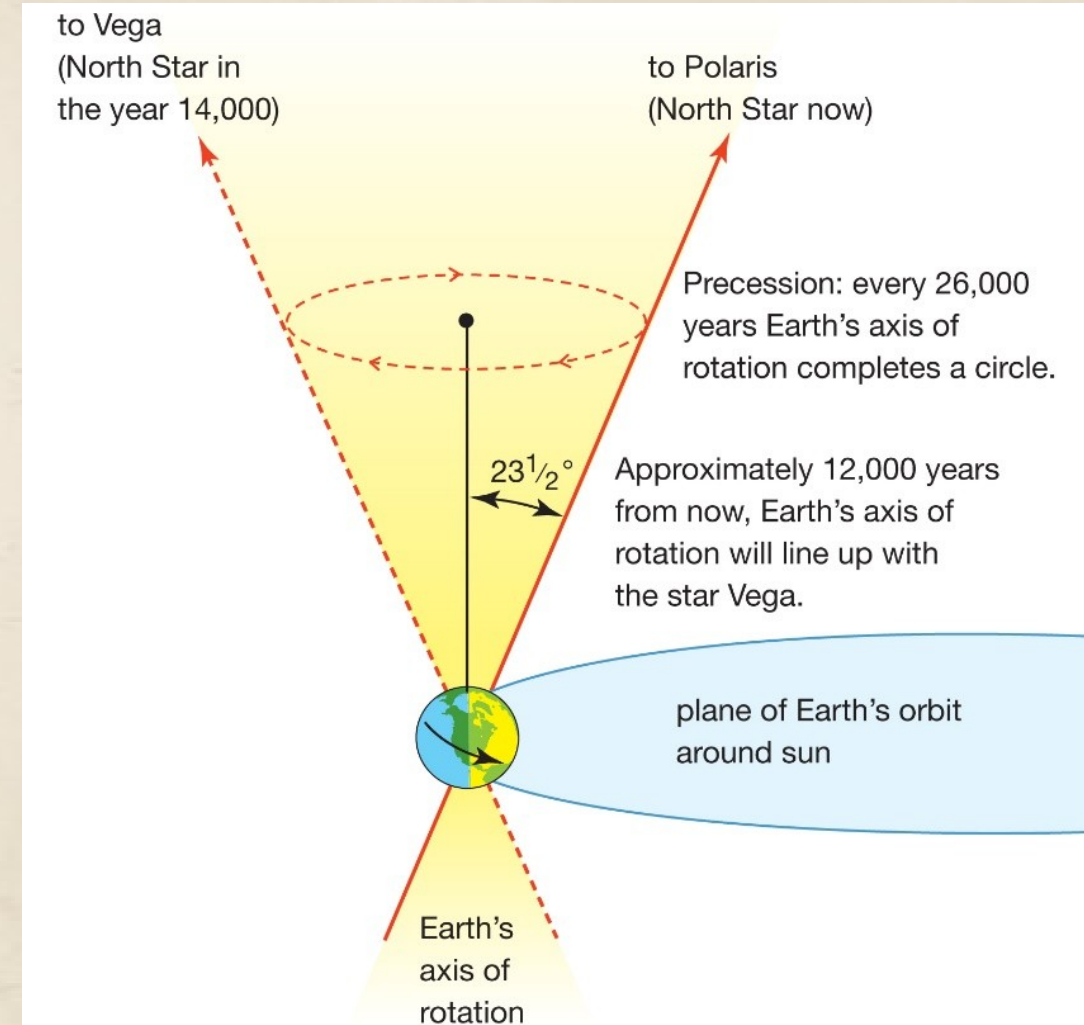


Důvody zavedení heliocentrismu

- Kop. nesouhlasil s instrumentalistickou metodologií zachránit jevy, podobně jako mnoho dalších renesančních astronomů. Astronomie má nárok na pravdu.
- Kop. nebyl progresivní člověk, byl humanista – řešení hledal v minulosti, v antice: chtěl vrátit astronomii do doby, než do ní Ptolemaios vnesl **ekvant**. Jeho záměr byl restaurativní.
- **Ekvanty** odporují platónskému postulátu – je třeba je odstranit z astronomie.
- Řešení našel skutečně v antice: heliocentrismus – Aristarchos ze Samu (310-230 př. n. l.)
- Kop. neusiloval o kosmologickou revoluci, ale o obnovení astronomie: heliocentrismus byl prostředek, jak vrátit astronomii vznešenost – tím, že formuluje pravdivý systém světa.
- Důvodem nebyly nedostatky Ptolemaiovy astronomie (poskytovala přiměřeně přesné predikce), ani lepší pozorování (Kop. pozoroval málo a velmi nepřesně).

Heliocentrická kosmologie: základní teze

- Středem kosmu není Země, ale Slunce, největší těleso ve kosmu.
- Kolem Slunce obíhají všechna nebeská tělesa včetně Země (jen Měsíc obíhá kolem Země a s ní kolem Slunce).
- Kosmos je konečný a obepíná ho sféra stálic, na níž jsou připevněny hvězdy.
- Tři pohyby Země:
 - 1) Země obíhá kolem Slunce v periodě jednoho roku.
 - 2) Země rotuje kolem vlastní osy v periodě 24 hodiny.
 - 3) Zemská osa vykonává tzv. precesní pohyb (opisuje v prostoru plášť kužele).



Důsledky heliocentrismu

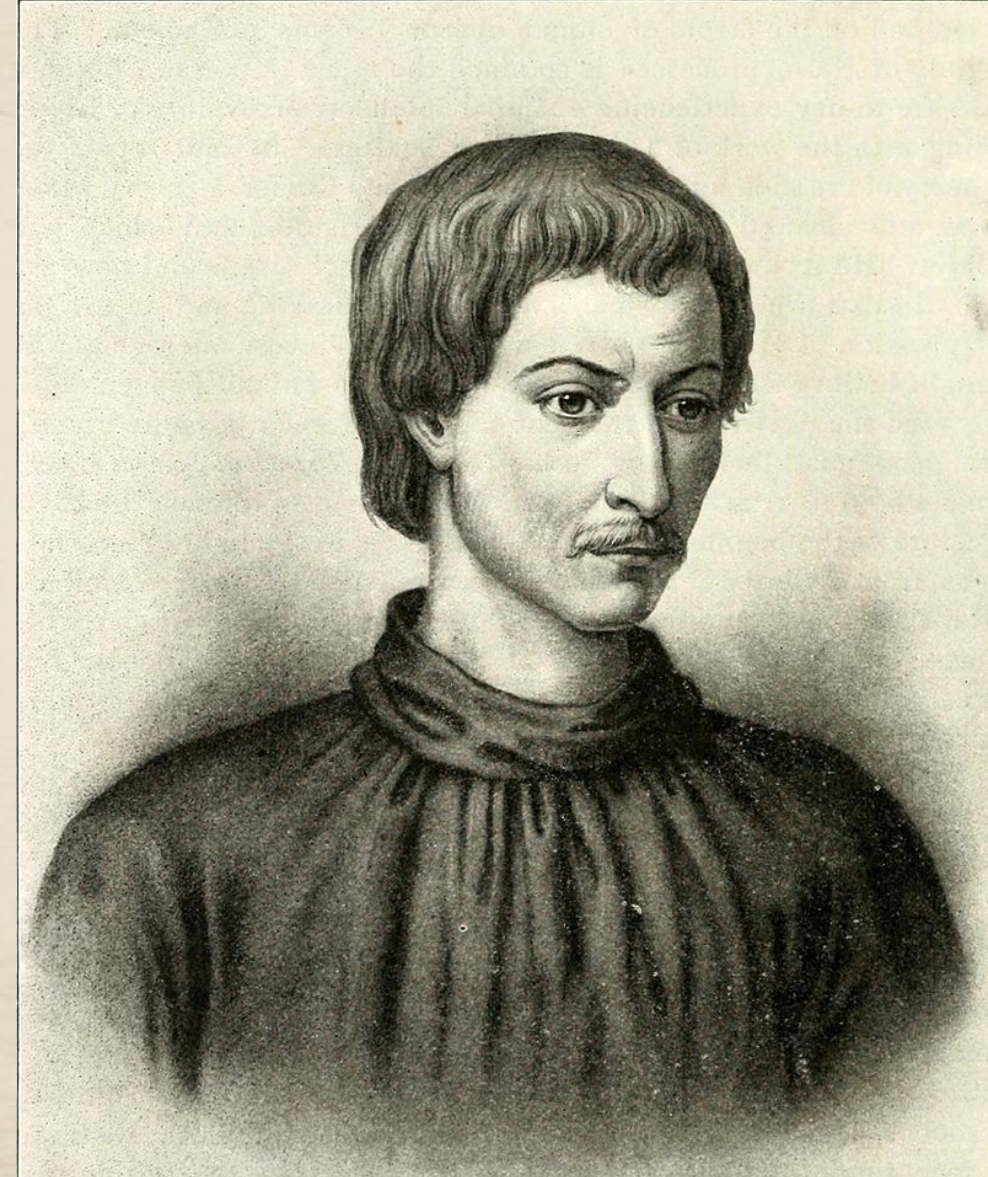
- Mnoho astronomických nepravidelností jsou podle Koperníka iluze vyvolané pohybem pozorovacího stanoviště (typicky druhá anomálie). Pohyby Země tak představovaly jednotné východisko celé astronomie – nebylo nutné přidávat ad hoc konstrukce a sféry.
- **Heliocentrismus** rušil aristotelské dělení světa na sublunární a supralunární sférou. I Země se stala jednou z hvězd. Povýšení Země mezi hvězdy.
- Homogenizace univerza: Země se stala hvězdou a hvězdy Zemi: všechna tělesa mají stejnou ontologickou a fyzikální povahu.
- V aristotelské klasifikaci věd: fyzika = Země, matematická astronomie = nebe.
- V **heliocentrismu**: fyziku bylo možné uplatnit i na hvězdy a matematiku bylo možné uplatnit i na pozemské procesy



Prvotní recepce Koperníka v 16. století

- ▶ Tři skupiny
- a) Kompromisní pragmatici – **heliocentrismus** jako kalkulační nástroj, který ovšem není pravdivý.
- b) Polokopernikánci. V mnoha ohledech souhlasili s Koperníkem, provedli některé změny v kosmologii, ale nestali se zastánci heliocentrismu (např. Tycho Brahe).
- c) Kopernikánci. Mezi lety 1543 – 1616 celkem 9 lidí: mezi jinými Giordano Bruno, Johannes Kepler a pár astronomů v Německu, Anglii a Francii.

3. Giordano Bruno (1548-1600)



Východiska

- 1592 udán inkvizici, 1600 upálen v Římě na Campo di Fiori – ne kvůli kosmologii, ale kvůli svým heretickým teologickým názorům.
- Nebyl vědec, ale renesanční filosof: prastará egyptská moudrost zahrnující heliocentrismus.
- Klasický **geocentrismus** = kosmos obepíná sféra stálic; uctívání periferie, střed (tj. Země) je odpadiště světa (místo nejvzdálenější od Boha).
- Koperníkův **heliocentrismus** – klíčový je střed, tj. Slunce, na periferii je sféra hvězd.
- Bruno obě představy o středu odmítl.



Nekonečné univerzum

- ▶ Neexistují pevné sféry
- ▶ Jiné hvězdy mají své planety; tj. vesmír = pluralita hvězdných/slunečních soustav
- ▶ Idea nekonečného vesmíru byla spekulativním pojmem, ne vědeckým výsledkem
- ▶ Idea nekonečnosti plynula z teologicko-metafyzických úvah:
- ▶ Bůh je dobrý a všemocný
- ▶ Všemoc = pro teology zásobárna různých světů, které Bůh mohl uskutečnit
- ▶ Dobrota = Bůh se touží předat světu – a nejlíp se předá, když se předá celý – tedy nekonečný.

„...existuje nekonečný vesmír, který je výsledkem nekonečné božské moci, neboť považují za věc nehodnou božské dobroty a moci, aby božstvo dalo vznik konečnému světu, když vedle tohoto světa mohlo dát vznik jinému a nekonečně mnoha jiným.“

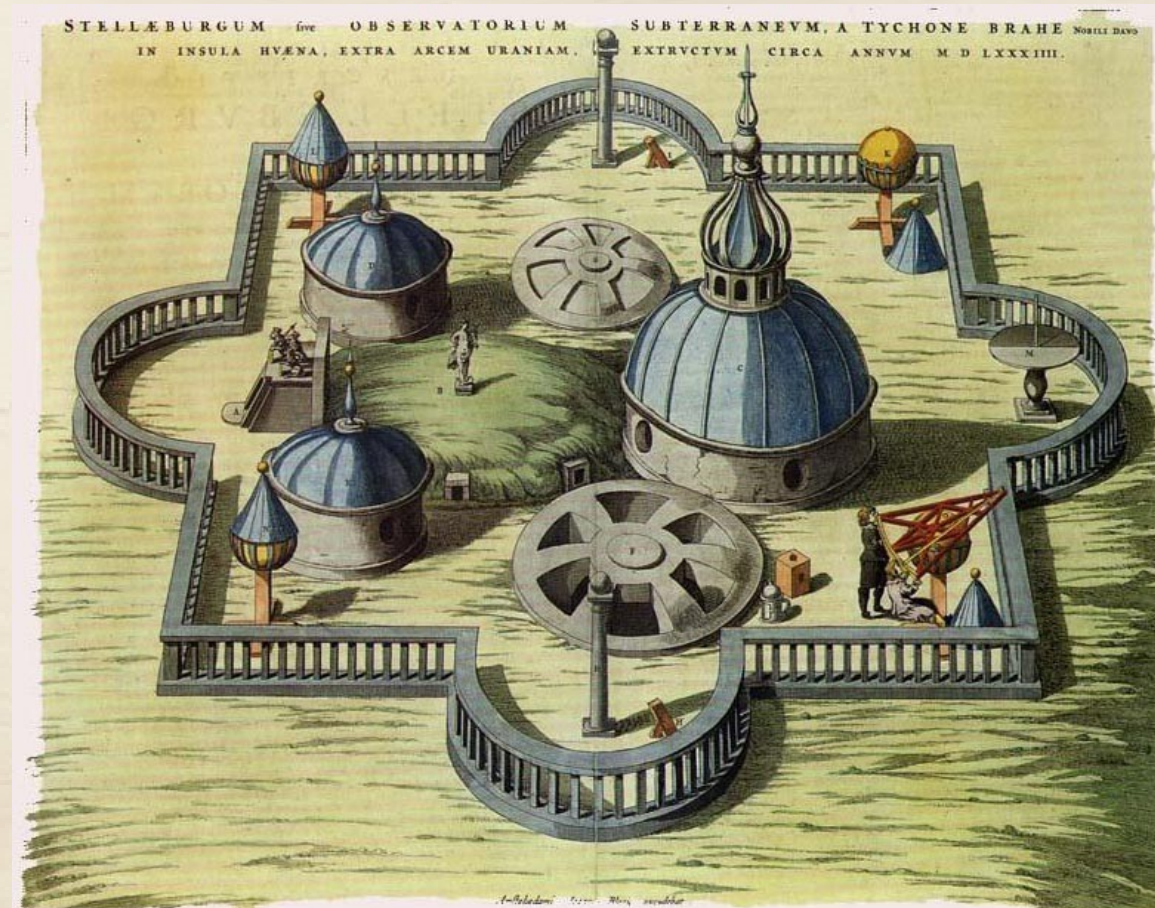
- ▶ Dobrotivý Bůh uskutečňuje všechno, co může, a tvoří nekonečné univerzum zaplněné nekonečným množstvím světů.

4. Tycho Brahe (1556-1601)



Bio

- Dánský šlechtic.
- Vědecká observatoř na ostrůvku Hven (1575-1597) – Uraniborg.
- Od r. 1597 v exilu, červen 1599 Tycho přijel do Prahy – matematik Rudolfa II.
- Nebyl originální teoretický astronom, ale především pozorovatel.



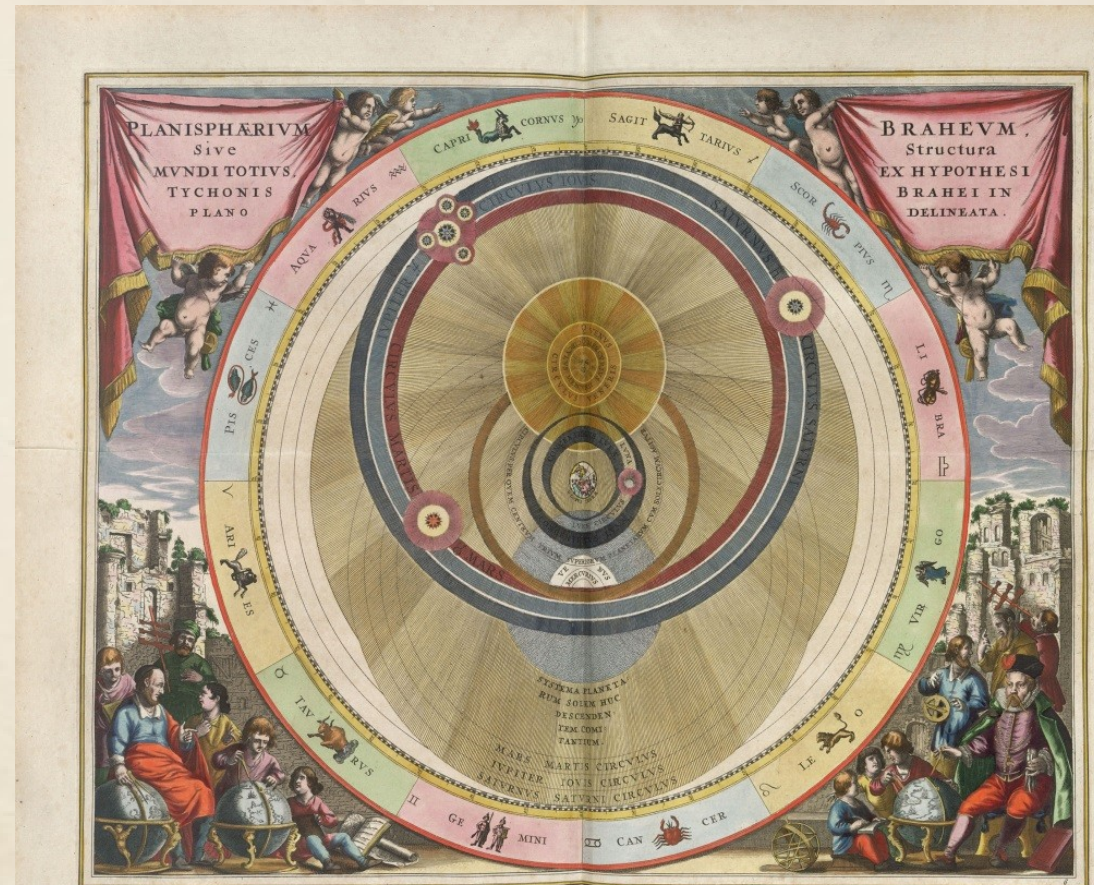
Nové jevy na obloze

- ▶ **1572** – supernova v souhvězdí Kassiopeje – „nová hvězda“: podle aristoteliků byla atmosférickým úkazem (ohnivé výpary), Tycho pomocí přesných měření dokázal, že se jedná o vzdálený objekt daleko ve vesmíru. Tím zpochybnil rozlišování neměnného supralunárního a proměnlivého sublunárního světa.
- ▶ **1577** – kometa: podle aristoteliků byla kometa úkazem v atmosféře; Tycho dokázal, že se jedná o objekt ve vesmíru. Zpochybnil existenci pevných sfér unášejících planety.
- ▶ Na konci 16. století se obecně prosadila představa: že kosmos je vyplněn tekutou látkou (éter), v níž plovou planety.



Tychonův geo-heliocentrický systém

- Z teologických důvodů nesouhlasil s Koperníkem.
- Kompromisní geo-heliocentrický systém – Země ve středu, kolem ní obíhá Slunce a kolem Slunce obíhají další planety (tj. systém se dvěma středy).
- <https://people.sc.fsu.edu/~dduke/ntycho.html>
- Tychonský systém byl kompromis mezi heliocentrismem a geocentrismem : rozšířený zejména mezi katolickými astronomy po procesu s Galileim



5. Johannes Kepler (1571-1630)

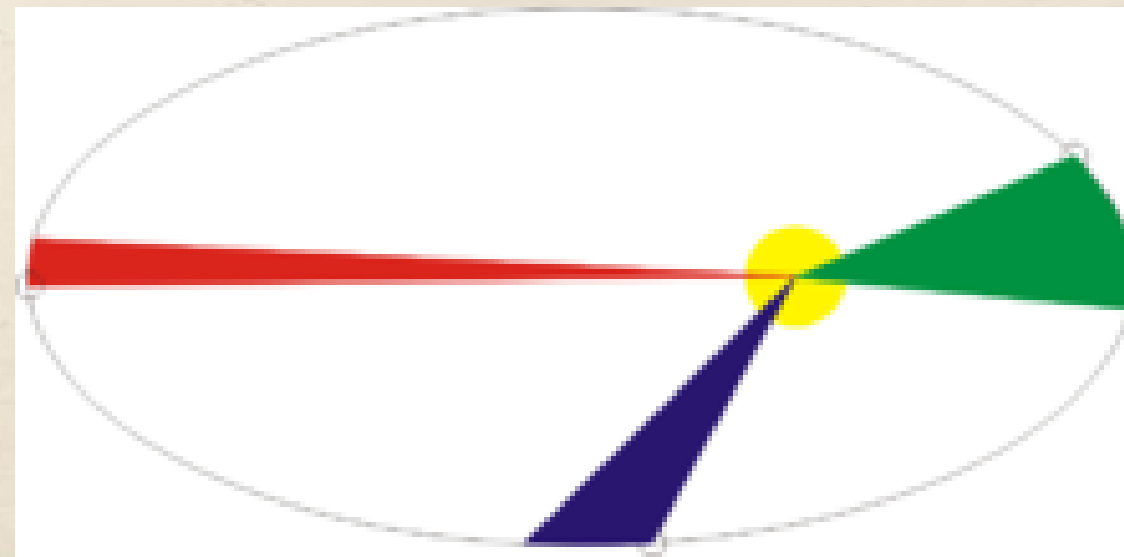
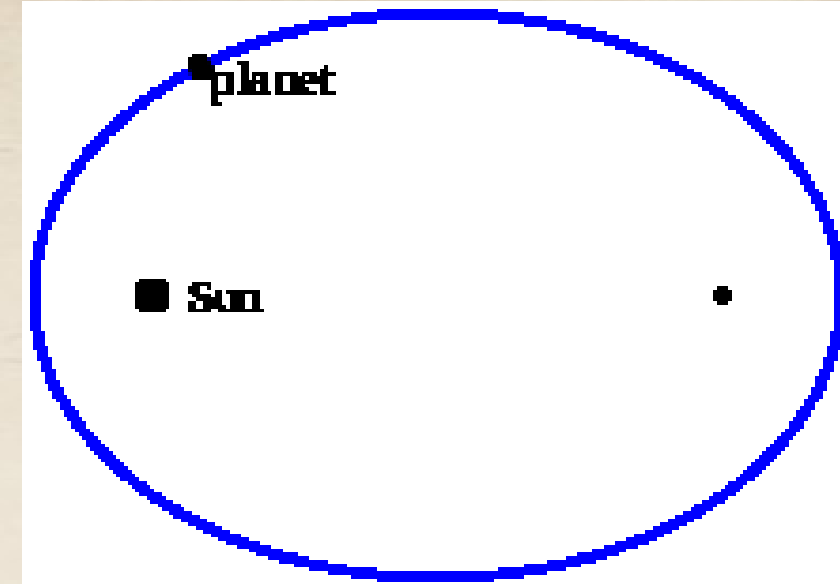


Život a dílo

- Německý astronom, od roku 1591 v rakouském Grazu.
- Od r. 1600 v Praze jako asistent Tychona Brahe, později jako matematik Rudolfa II., od r. 1612 na různých místech střední Evropy.
- *Optická část astronomie* (1604), *Nová astronomie* (1609, česky 2020) a *Dioptrika* (1611).
- Fyzikalizace astronomie: stanovování příčin pohybu planet.
- Příčinou pohybu planet je magnetická síla tryskající ze středového Slunce.
- Koperník: heliostatický systém (Slunce nemá vliv na planety).
- Kepler: heliocentrický systém: centralita Slunce je fyzikální – je zdrojem síly.

Zákony pohybu planet

- ▶ **1. zákon** = planety se pohybují kolem slunce po eliptických drahách = konec platónského postulátu
- ▶ **2. zákon** = “*Plochy opsané průvodičem za stejný čas, mají stejný obsah*”. V přísluní se planeta pohybuje nejrychleji, v aféliu zase nejpomaleji – to také znamená, že čím je těleso vzdálenější na své dráze od Slunce, tím pomaleji se pohybuje.
- ▶ Keplerův 2. zákon byl později uplatněn i na komety – a platí pochopitelně i pro Zemi: zimní půlrok trvá 179 dní, letní půlrok 186 dní.

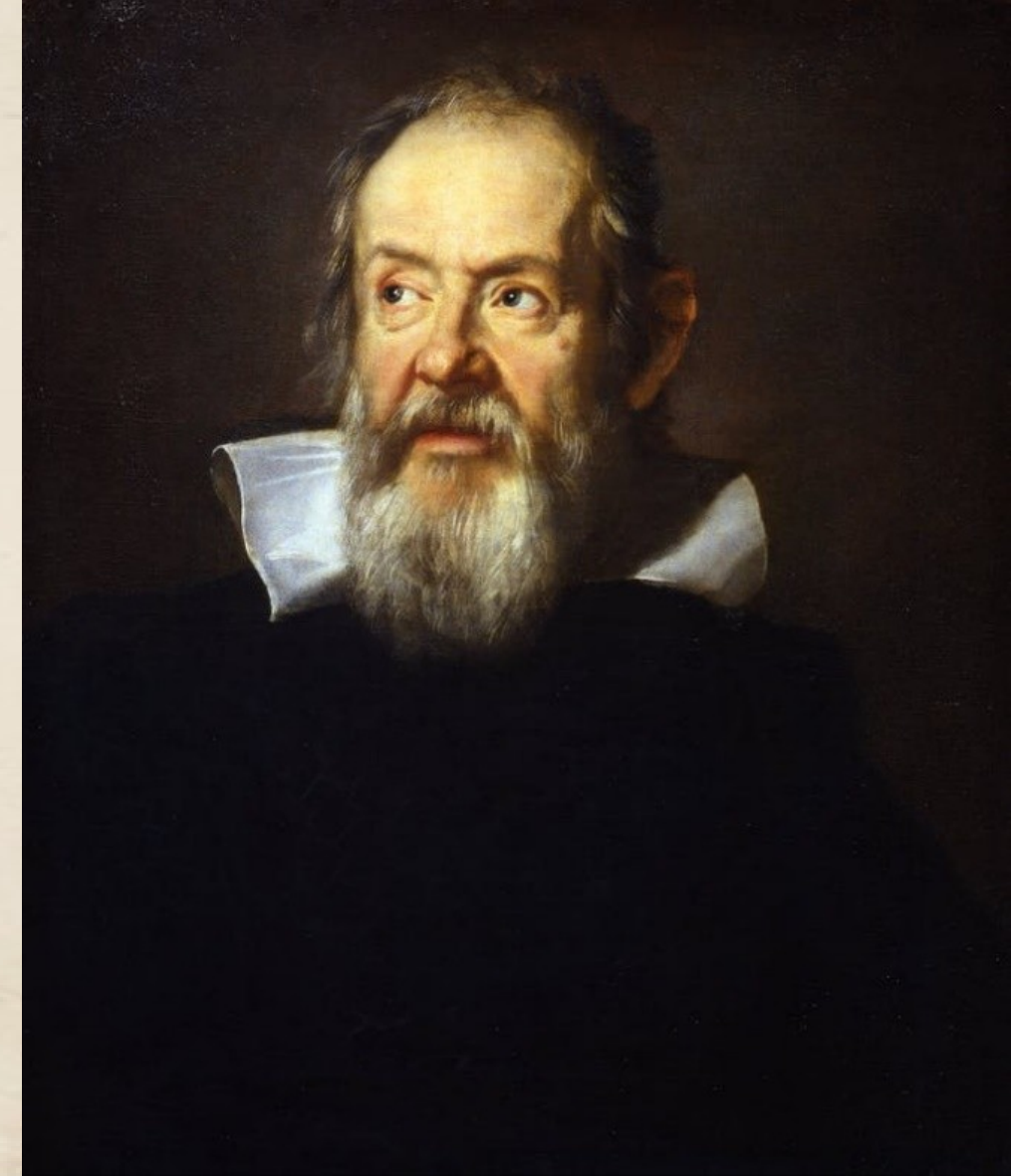


Zákony pohybu planet

- **3. třetí zákon** zní: Dvojmoci oběžných dob planet jsou v téměř poměru jako trojmoci velkých poloos jejich drah.
- $$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$
- Tento zákon uspořádává nejen pohyby planet na jejich vlastních oběžných drahách, ale také stavuje vztahy mezi oběhovými rychlostmi planet, které se pohybují na různých drahách – odhaluje tak vlastně vnitřní logiku celého planetárního systému.
- *Tabulae rudolphinae* (1627): až 30x lepší předpovědi planetární poloh než dosavadní tabulky



6. Galileo Galilei (1564-1642) jako astronom



Bio

- 1580s – univerzita v Pise.
- 1590-1611 – univerzita v Padově – profesor matematiky.
- 1616 Galileo se pokouší interpretovat bibli ve prospěch heliocentrismu; papežským dekretem byl heliocentrismus zakázán jako heretické učení.
- 1632 – *Dialog o dvou největších systémech světa* (slov. 1962).
- 1633 – proces – doživotní domácí vězení.
- 1609 – konstrukce dalekohledu, pozorování oblohy.
- 1611 – *Hvězdný posel* (*Sidereus nuncius*, česky 2016).

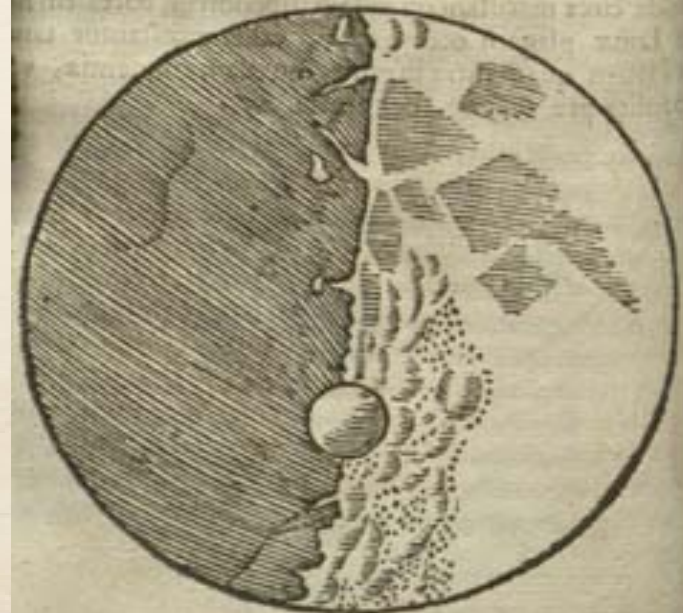
GALILEO GALILEI
**HVĚZDNÝ
POSEL**
*
JOHANNES KEPLER
**ROZPRAVA
S HVĚZDNÝM POSLEM**



PISTORIUS & OLŠANSKÁ
2016

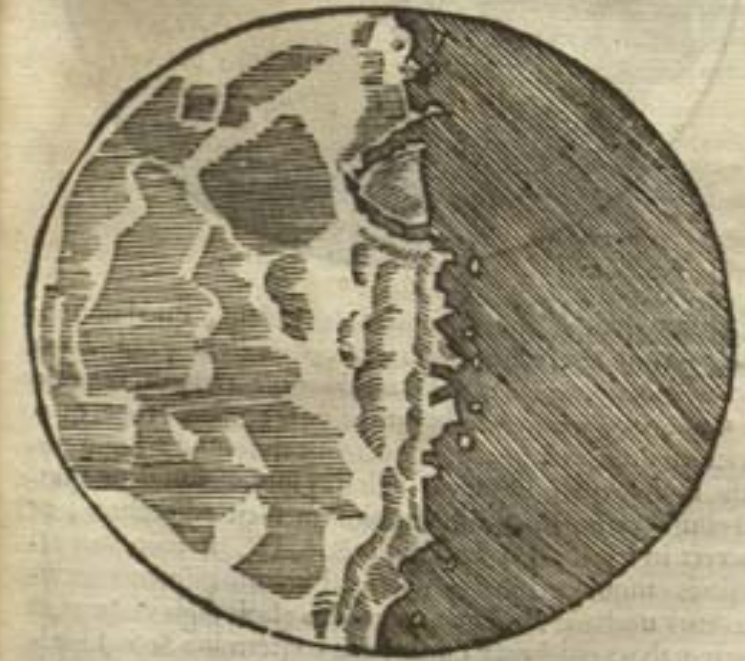
1. Měsíc

- Měsíc nemá povrch jako kulečnicková koule - není "hladký, stejnotvarý a dokonalý" jak věří aristotelici, ale jeho povrch je nerovný, s horami a údolími.
- Měsíc odráží sluneční světlo (nesvítí sám o sobě).



OBSERVAT. SIDEREÆ. 19

Hæc eadem macula ante secundam quadraturam nigrioribus quibusdam terminis circumvallata conspicitur, qui tanquam altissima montium juga ex parte Soli averfa obscuriores apparent, qua vero Solem respiciunt, lucidiores existant; cujus oppositam in cavitatibus accidit, quarum pars Soli averfa splendens apparet, obscura vero ac umbrosa que ex parte Solis sita est. Imminuta deinde luminosa su perficie, cum primum tota ferme dicta macula tenebris est obducta, clariora montium dorfa eminenter tenebras scandunt. Hanc duplicem apparentiam sequentes figuræ commonstrant.

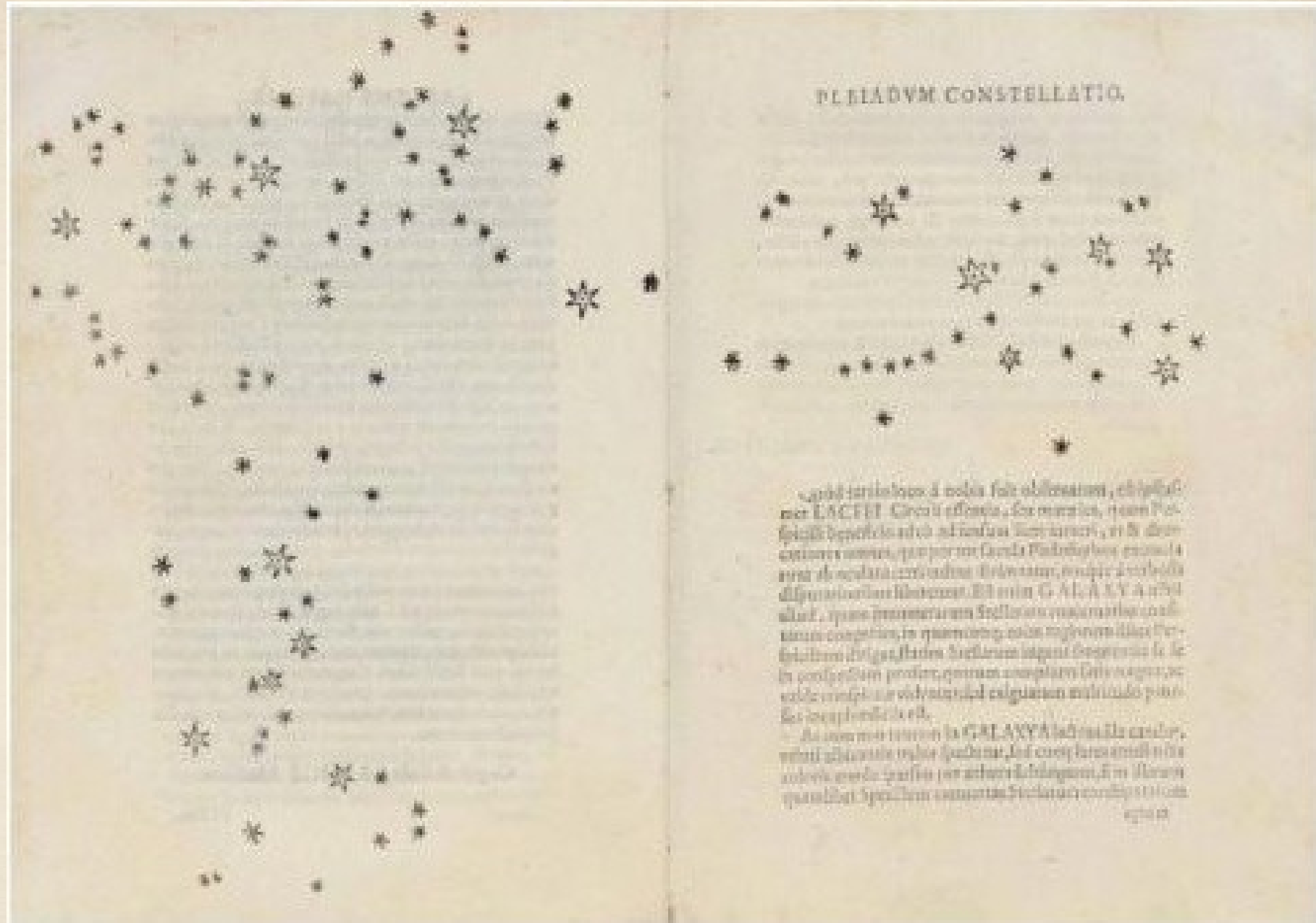


B 2

Unum

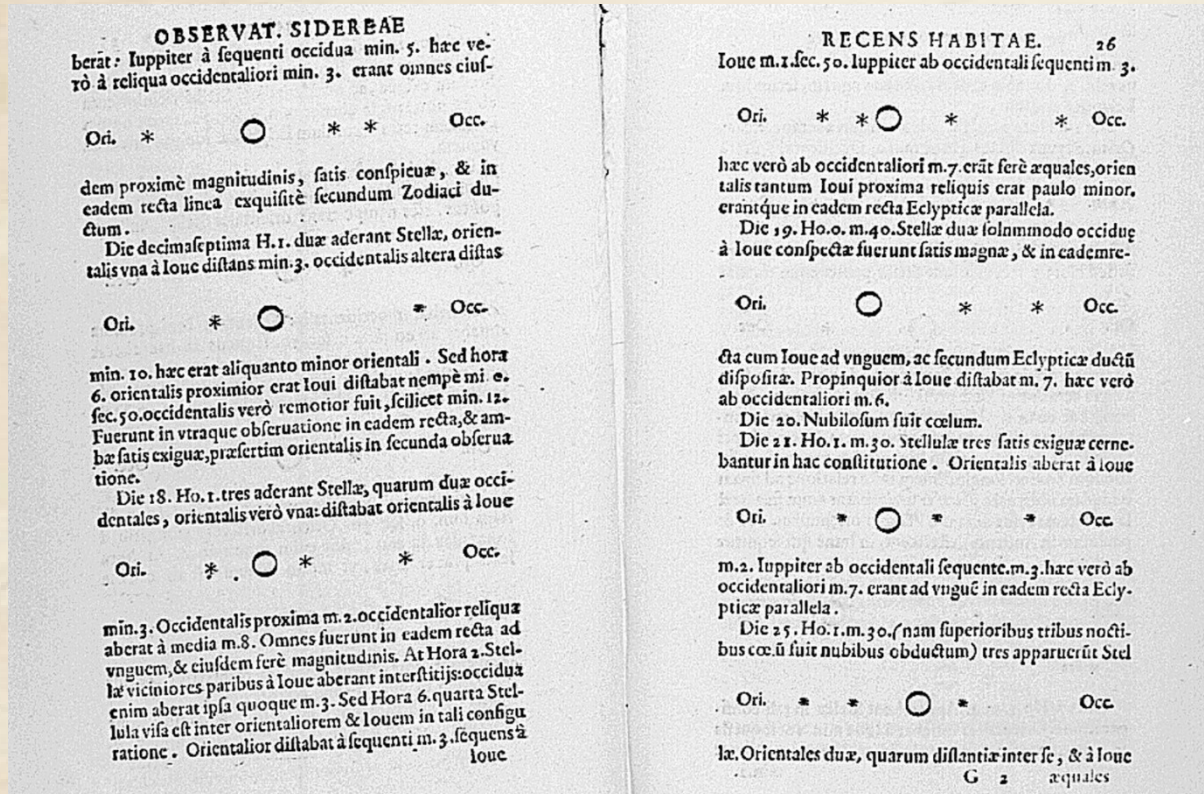
2. Hvězdy

- Nepředstavitel
-né množství
dosud nikdy
neviděných
hvězd!!



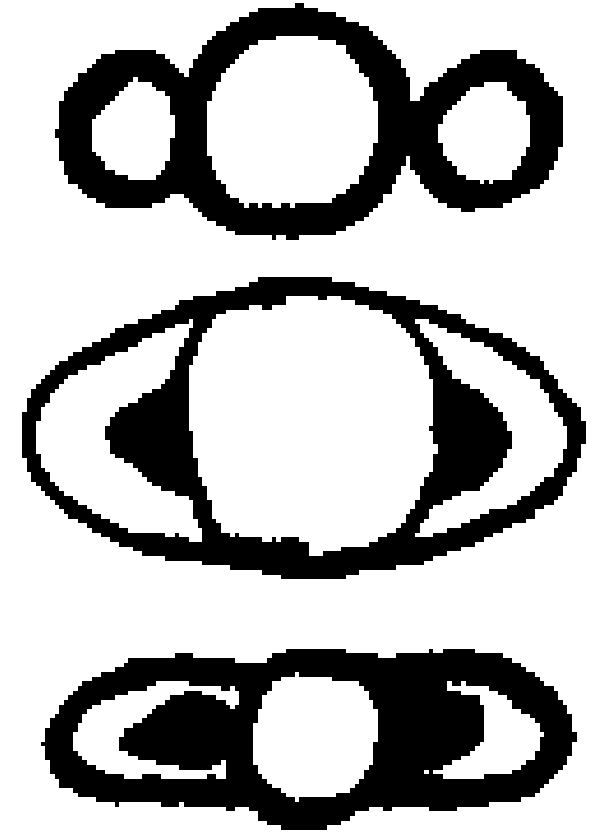
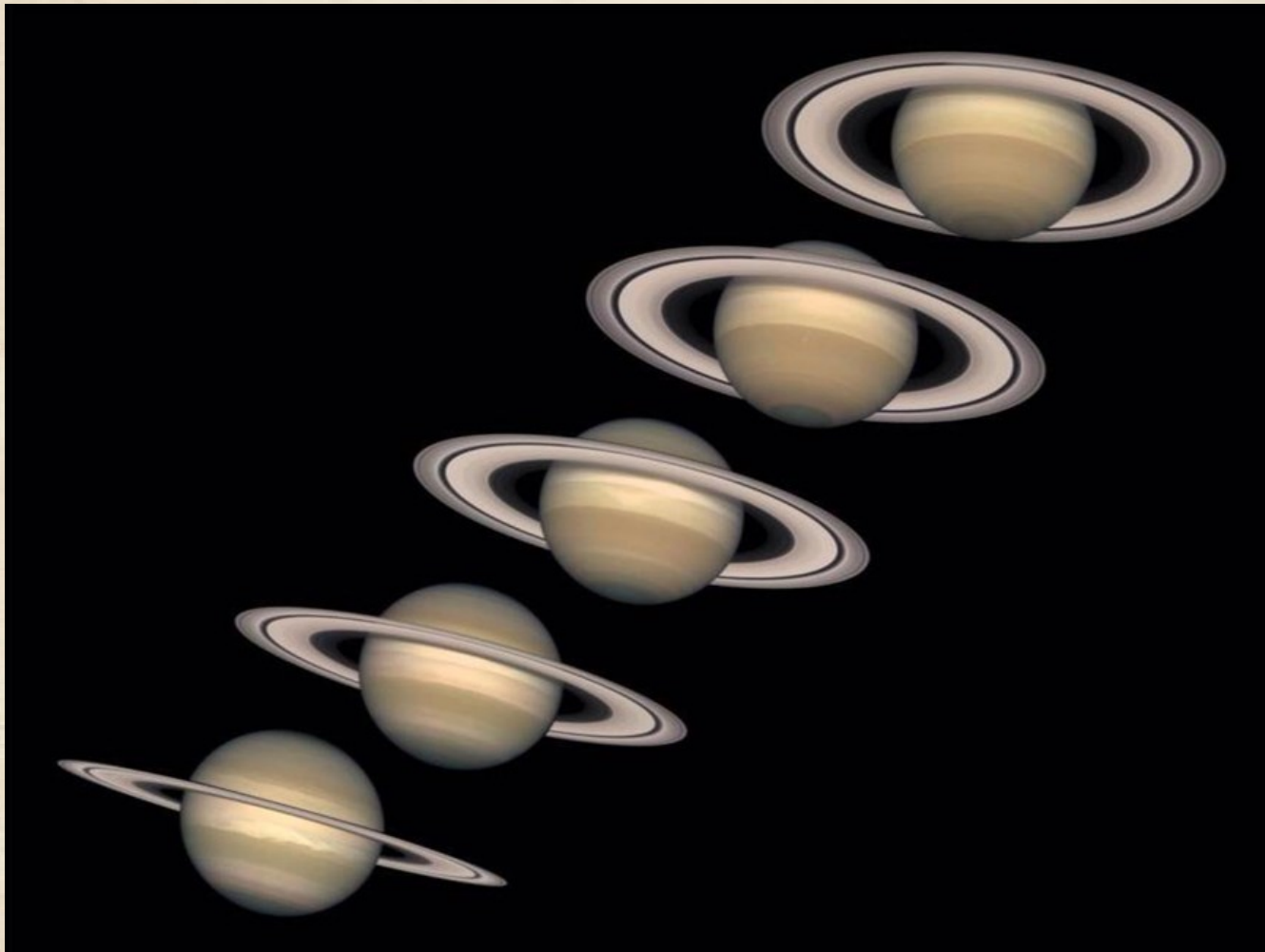
3. Medicejské planety

- Čtyři Jupiterovy měsíce: (Io, Europa, Ganymed a Kallisto).



4. Saturnovy uši

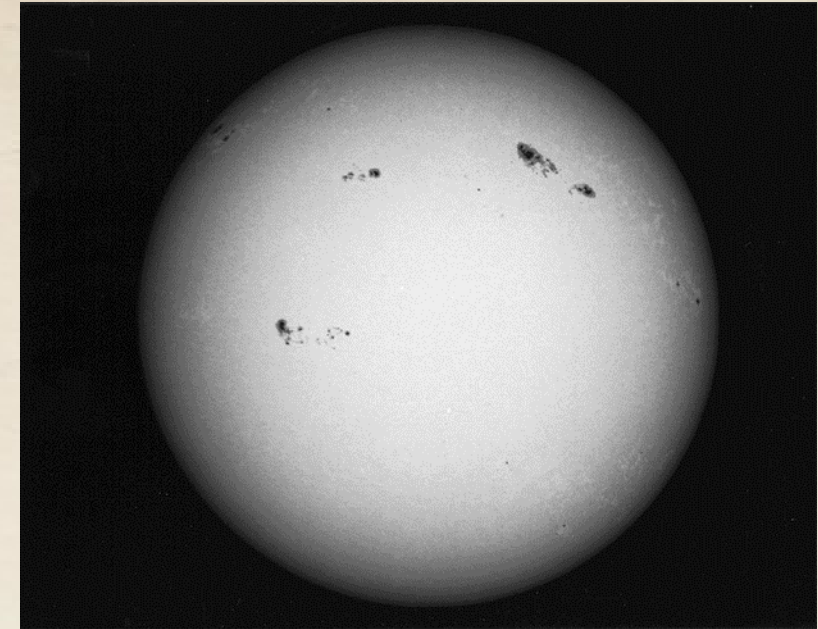
- ▶ G. viděl u Saturnu něco, co si nedokázal vysvětlit – teprve r. 1658 Ch. Huygens rozpoznal prstenec.



These are sketches of three drawings Galileo made of Saturn through his primitive telescope. ("New Worlds," Couper & Henbest, p.86.)

5. Sluneční skvrny

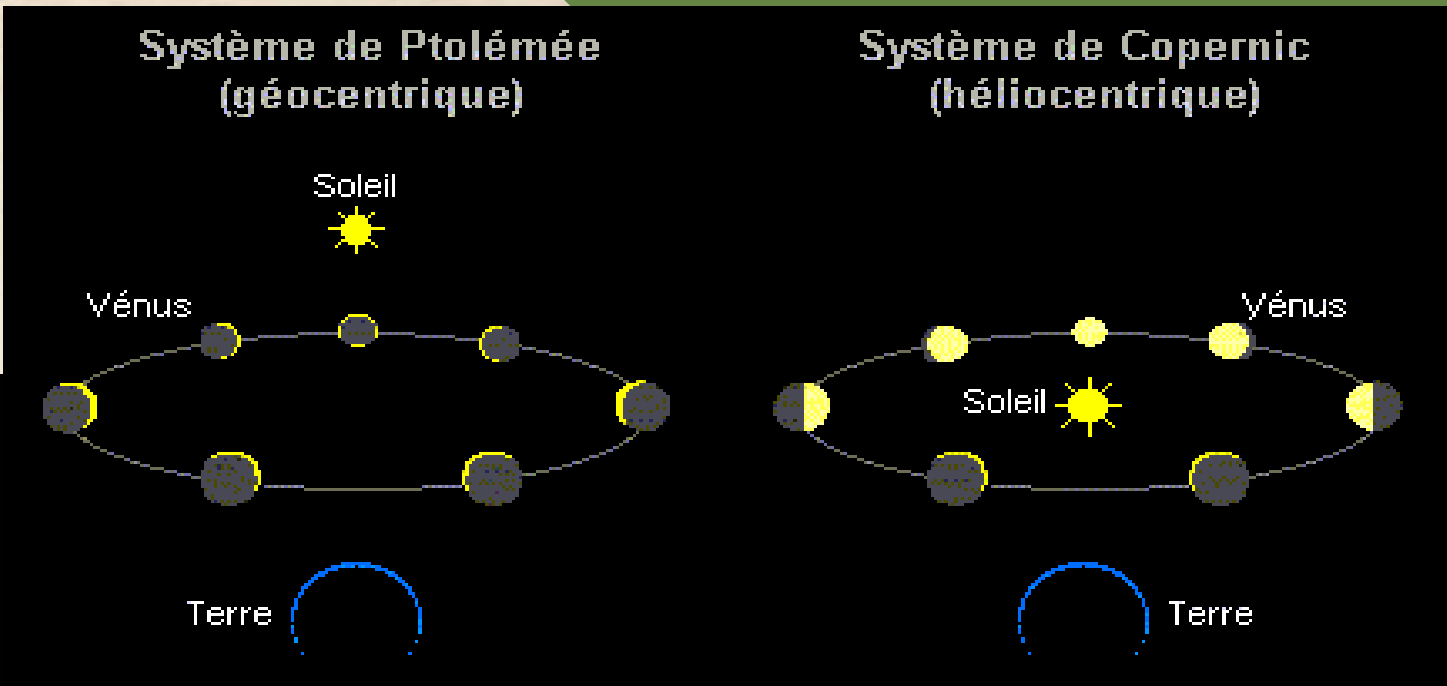
- Sluneční skvrna je oblast na povrchu Slunce (ve fotosféře), které magnetické pole zabraňuje v proudění, a tak se vytvářejí oblasti s menší povrchovou teplotou než má okolí. (Wikipedia-CZ).



Sunspots drawn by Galileo, June 1612



6. Fáze Venuše



Důsledky teleskopických objevů:

- 1) Povrch Měsíce je natolik podoben povrchu zemskému je už nadále **neudržitelná aristotelská představa o éterickém, neměnném a dokonalém tělese**; Měsíc má pozemskou přirozenost a přece se pohybuje ve vesmíru. Odtud samozřejmě vedla úvaha dále: všechna tělesa na nebi se podobají Zemi.
- 2) Objev složenosti Mléčné dráhy, mlhovin a tisíců dalších planet ukazoval, že **není žádná sféra stálic**, protože tato tělesa jsou volně roztroušena v éterickém prostoru.
- 3) Existence Jupiterových měsíců potvrzovala **heliocentrismus**: V něm Měsíc obíhá kolem Země a spolu s ní ještě kolem Slunce; podle aristotelské kosmologie však všechna tělesa musí obíhat kolem světového středu - představa Měsíce, který obíhá kolem dvou těles byla pro aristoteliky absurdní. Nyní se ukázalo, že i další planeta má své satelity – tj. Země není jediným středem oběhu v soustavě.