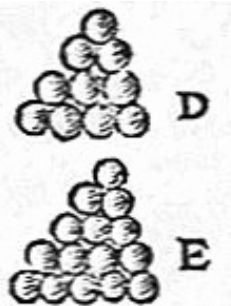


Johannes Kepler

A csillagászat története 2, 2015. február 20.





Élete és munkássága

- 1571, Weil der Stadt – 1630, Regensburg
- Szegényebb család (bár nemesi felmenők)
- Katolikus környezet, református család
 - eleve zaklatott időszakban igen viszontagságos élet
 - sokat költözik, és gyakran aggodalmaskodik (pénzügyi és egészségügyi gondokon)
- Nagyon sok gyerekkori betegség
(→ gyenge a látása és remeg a keze: nem észlelő alkat)
(→ egyházi pályát terveznek neki)
- Naplójából:
 - (6 évesen) „1577-ben sokat hallottam az üstökösről. Anyám egyszer felvitt egy magaslatra, hogy megnézhessem.”
 - (9 évesen) „Kihívtak a házból – nevezetesen a szüleim –, hogy nézzem meg a fogyatkozó Holdat. Egészen veres volt.”



← szülőháza

(saját magáról): „Ennek az embernek a természete minden tekintetben kutyához hasonlatos. Külseje is olyan, mint valami kicsinyke ölebé. Teste arányos, mozgékony és inas. Étvágya is olyan, mint a kutyáé; szeretett csontokat és száraz kenyérhéjat rágcsálni, és olyan mohó volt, hogy amit csak megpillantott, mindjárt felfalta (...) Szüntelenül kereste mások jóindulatát, minden tekintetben másoktól függött, leste kívánságait, soha nem haragudott meg, ha elutasították, minden erejével azon volt, hogy újra a kegyeikbe férkőzzön. Szakadatlanul kutakodott valami után, csapongva tudomány, köz- és magánügyek között, beleértve a legalacsonyabb rendűeket is, és mindig bálványozott valakit, akinek még mozdulatait és gondolkodását is utánozni igyekezett. A társalgás untatja, de a vendégeket olyan örömmel köszönti, mint egy kiskutya, ám ha akár a leghitványabb dolgot is elveszik tőle, dühbe gurul, és morog. Fáradhatatlanul üldözi és megugatja a bajkeverőket. Rosszmájú és rosszhiszemű; kegyetlen szarkazmusával sokakba beleharap. (...) A fürdőktől, főzetektől és tinktúráktól úgy retteg, mint egy kutya. Vakmerősége nem ismer határt – ez bizonyosan a Merkúrral kvadrátúrában s a Holddal trigonálisban álló Mars hatásának köszönhető...”

- 1589-91: Tübingeni egyetem → mestere: Michael Maestlin:
 - Kopernikusz (egyik legfontosabb, de bizonytalan) támogatója: órákon Ptolemaioszt tanítja, magánban pedig Kopernikusz rendszerét
 - élete során kapcsolatban marad Keplerrel, leveleznek
- 1594-1600: Grazban matematika tanár lesz
 - szükségből: nem ezt a karriert tervezi
 - alig van hallgatója, ezért sok a szabadidő
 - éves naptárat állít össze: sok-sok asztrológiai és meteorológiai jóslat → relatív hírnévre tesz szert
- 1596: *Mysterium Cosmographicum* („Kozmikus misztérium”)
 - Az első, teljes nyomtatásban megjelent Kopernikusz-védelem (módszeresen összeszedi az érveket)
 - Példányokat küld híres csillagászoknak
 - Tycho Brahe → felveszi majd segédnek maga mellé
 - Galilei → eleinte nagyon lelkes, hogy talált egy kopernikánus elvtársat, de Galilei megszakítja a levelezést (kétszer is), és később nem nagyon reagál Kepler munkáira (csak elszórtan és kritikusan)



- 1597: első házassága: Barbara Müller (†1612)
 - nem túl boldog, sok vita
 - 5 gyerek, 2 éri meg a felnőttkort
- 1598: protestánsokat kizavarják Grazból
→ szívesen megy Prágába (1600)
 - Tycho segédje: nem felhőtlen viszony
- 1602: Tycho halála után császári csillagász lesz
 - fő feladat: asztrológiai tanácsok a császárnak
 - mellékfeladat: bolygóészlelések alapján elmélet (Mars), majd táblázatok (→ 1627-ben adja ki)
 - Tycho műszereit nem sikerül megszereznie (↔ nem baj, úgysem tudna jól észlelni)
 - viszont az észlelési adatokat kipereli T. családjából
→ a következő 25 évben ezekkel dolgozik
- Kisebb művek:
 - 1604: *Astronomiae Pars Optica* („A csillagászat optikai része”)
 - 1606: *De stella nova* („Az új csillag”)



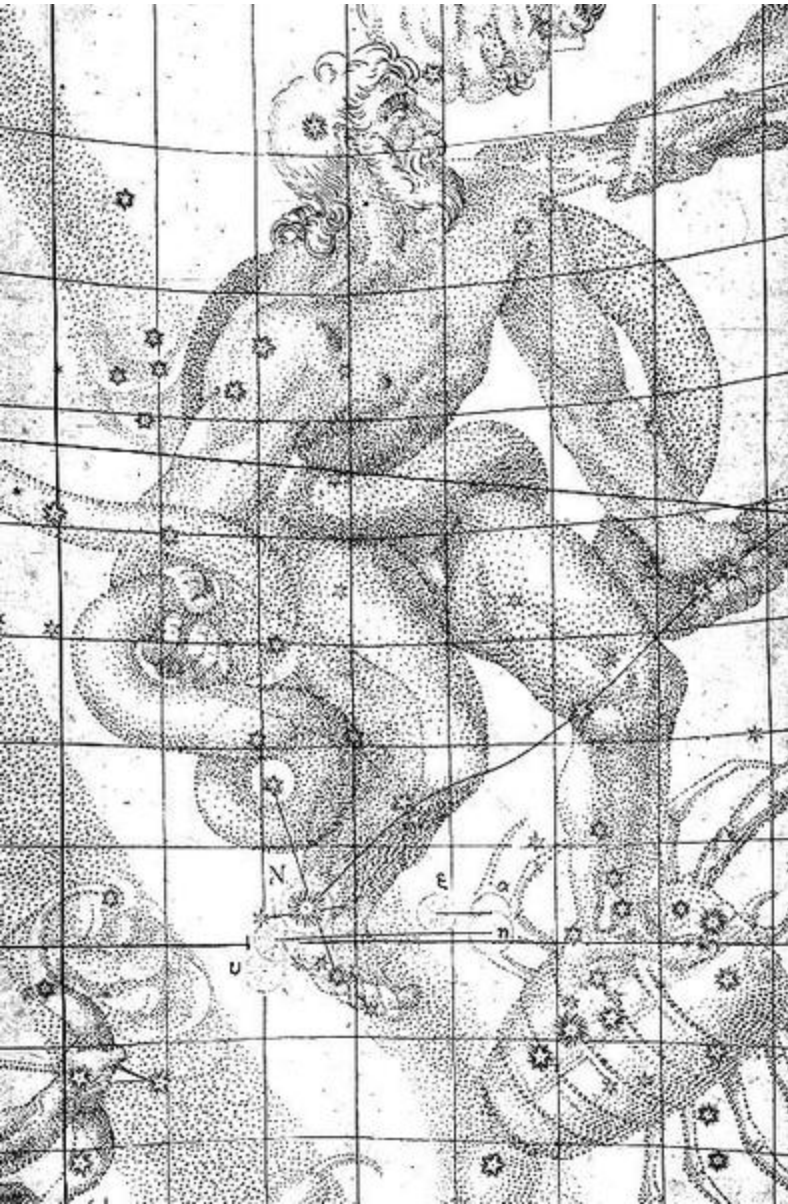
Kepler és Tycho Prágában ↑



Prágai lakása →

(Kitérő: 1604-ben is megjelenik egy fényes szupernóva

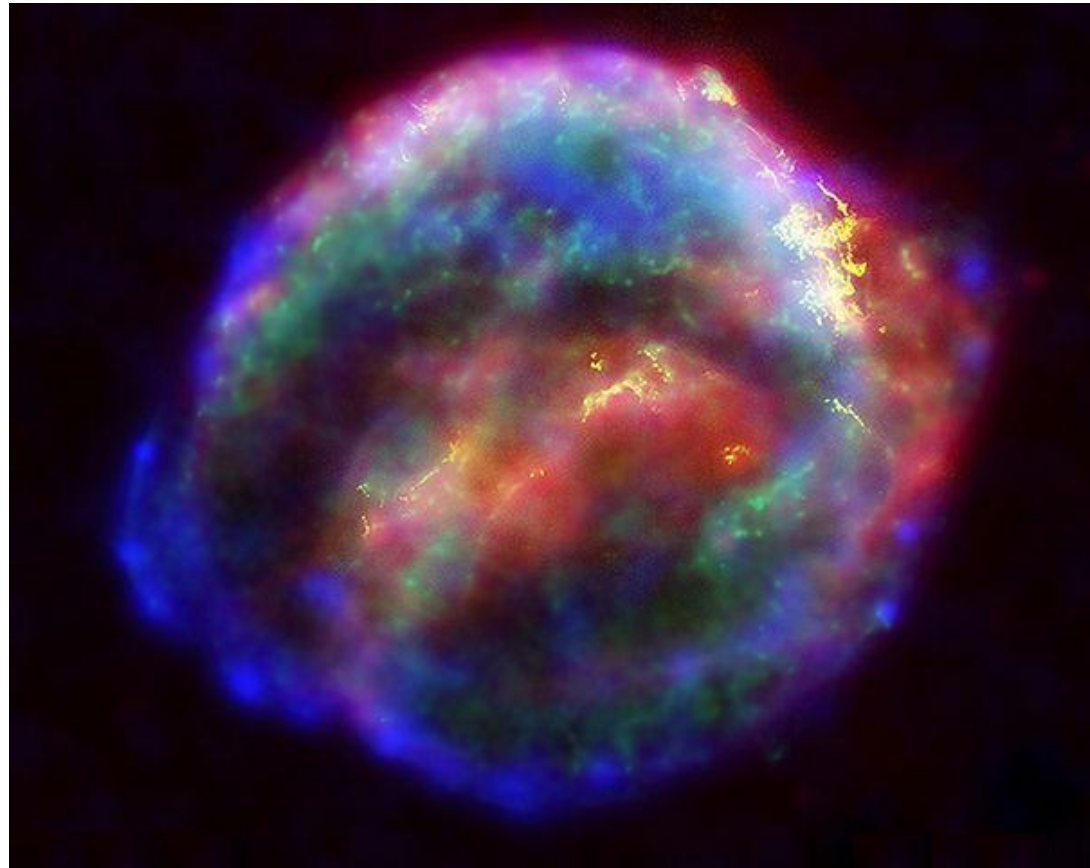
→ erről ír („Az új csillag”), Tychohoz képest nem annyira új és érdekes)



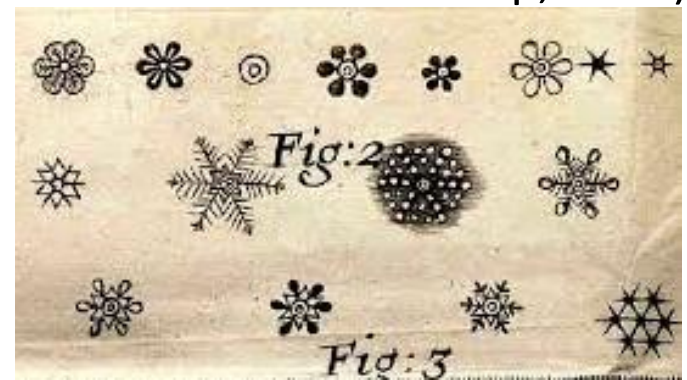
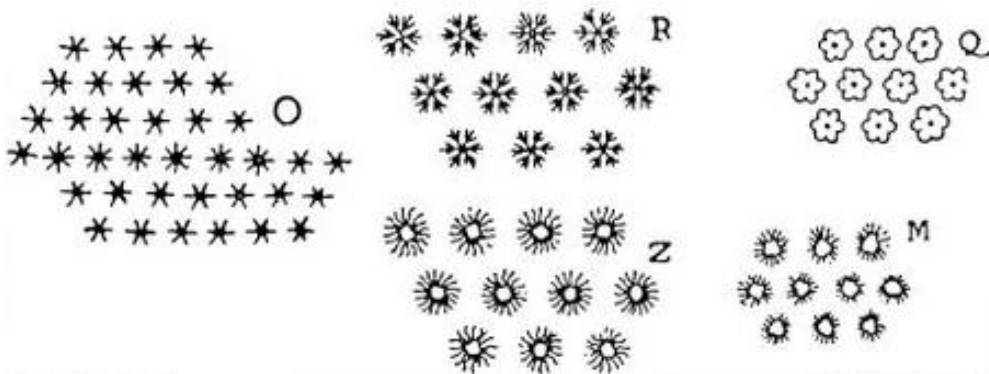
← Kepler rajza:

a nóva (N) a Kígyótartó (Ophiuchus) lábánál

↓ A Kepler-féle szupernóva (SN 1604) maradványa



- 1609: *Astronomia Nova* („Új csillagászat”)
 - évekkel előbb kész, csak jogi problémák: Tycho öröksége
 - ebben közli le a Tycho-féle adatokra illesztett elméleti megoldását: az első két Kepler-törvényt
- 1610: nyomtatásban dicsőíti Galilei távcsöves felfedezéseit + ő is észleli a Holdat távcsővel (nem saját építésű)
- 1611: *Dioptrice* („Dioptrika”)
 - ismét optika + a Kepler-féle távcső leírása (sosem építi meg)
- 1611: *Somnium* („Álom”) – kézirat, nyomtatásban 1634
 - sokan az első sci-fi műnek tartják: képzeletbeli utazása Holdra
 - hogyan látszik a Föld és egyéb csillagászati jelenségek a Holdról
- 1611: *Strena Seu de Nive Sexangula* („A hatszögű hópehely újévi ajándéka”)
 - levél, amelyben megfogalmazza a Kepler-sejtést (lásd később)
 - elsőként írja le a hópelyhek hexagonális alakját
 (→ Descartes, 1635 → Hooke és a mikroszkóp, 1665)



- 1611: II. Rudolf lemond öccse, Mátyás javára → a támogatása megszűnik
→ 1612: Linzbe költözik: matekoktatás, térképkészítés, bolygótáblázatok
- 1613: második házasság: Susanna Reuttinger
 - 11 jelöltből választja ki komplex szempontrendszer alapján
 - jóval boldogabb házasság, mint az első
 - 6 gyerekből 3 éri meg a felnőttkort
- 1615: *Stereometria doliorum vinariorum* („Boroshordók mérése”)
 - az esküvő tervezése ihlette: különböző forgástestek térfogata
- 1615-1621: édesanyját boszorkánysággal vádolják (gyógyfőzeteket készít)
 - Keplernek végül sikerül felmentetnie, de nem könnyen



Kepler kis szülővárosában 1615 és 1629 között 38 boszorkányt égettek meg. Európában 1400 és 1700 között több tízezret).

Gyakran megkínózták őket, hogy valljanak. Katharina Kepler csak a verbális fenyegetésig (elmesélik a rá váró kínzásokat) jutott.

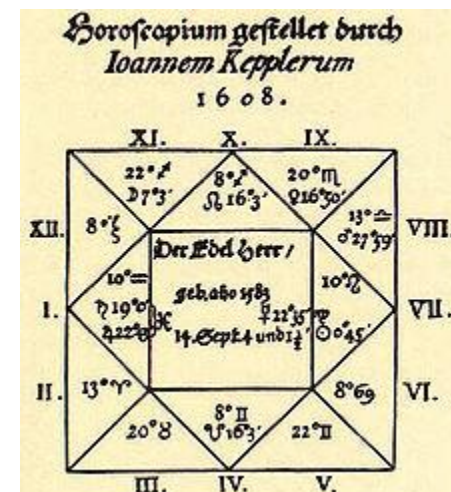


- 1617, 1620, 1621 (3 kötet): *Epitome astronomiae Copernicanae* („A kopernikuszi csillagászat foglalata”)
 - tankönyv, talán a korban a legnagyobb hatású műve
 - Kop. ismertetése, Kepler és Galilei legújabb felfedezéseivel kiegészítve
- 1619: *Harmonices Mundi* („A világ harmóniája”)
 - rengeteg arány és összefüggés, köztük a 3. Kepler-törvény
- 1620: protestáns-üldözés miatt elmenekül Linzből, és haláláig utazgat
- 1627: *Tabulae Rudolphinae* („Rudolf-táblázatok”)
 - munkássága lezárása: Tycho programját befejezi a maga módján
- 1728: Wallenstein tábornok asztrológusa
- 1630: meghal
 - a sírja elveszik a harmincéves háborúban, de fennmarad a saját maga számára írt sírvers:

*Mensus eram coelos, nunc terrae metior umbras
Mens coelestis erat, corporis umbra iacet.*

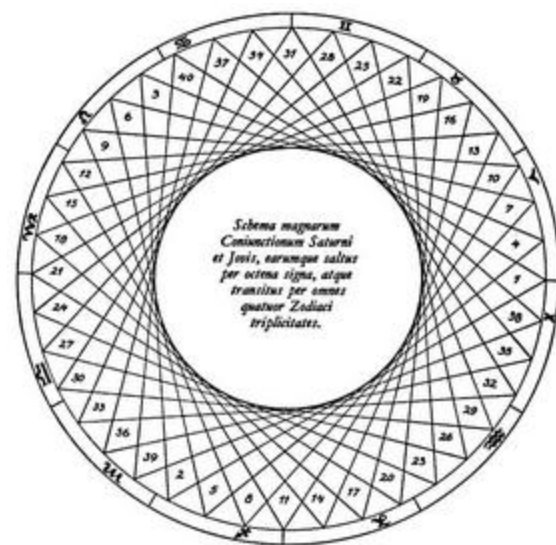
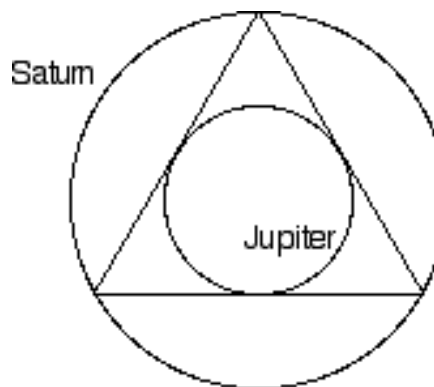
(Mennyet mérte szemem, most itt lenn mérem az árnyat
Szellemem égbe hatolt; porlad a test ideleln.)

Wallenstein horoszkópja:

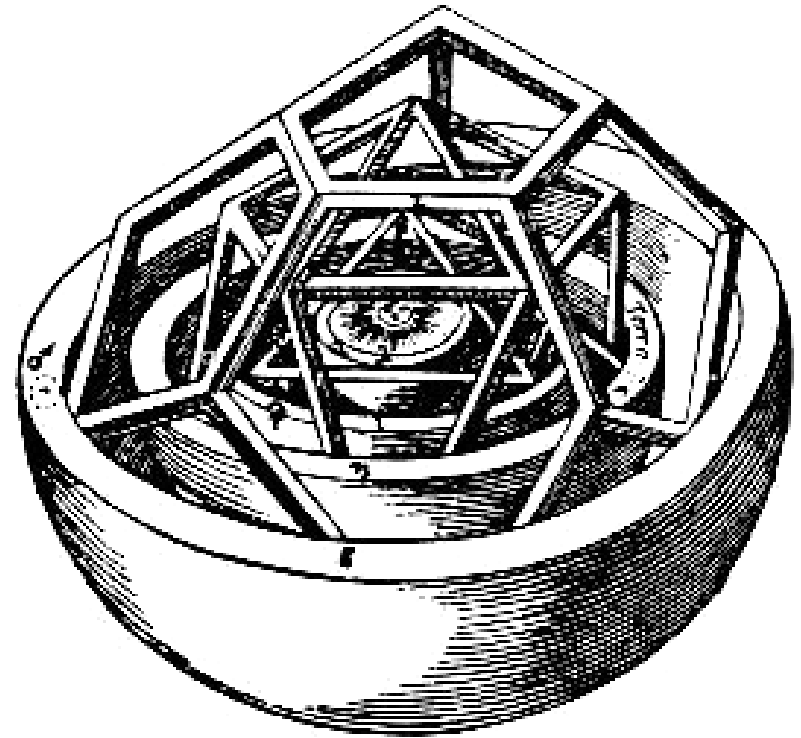
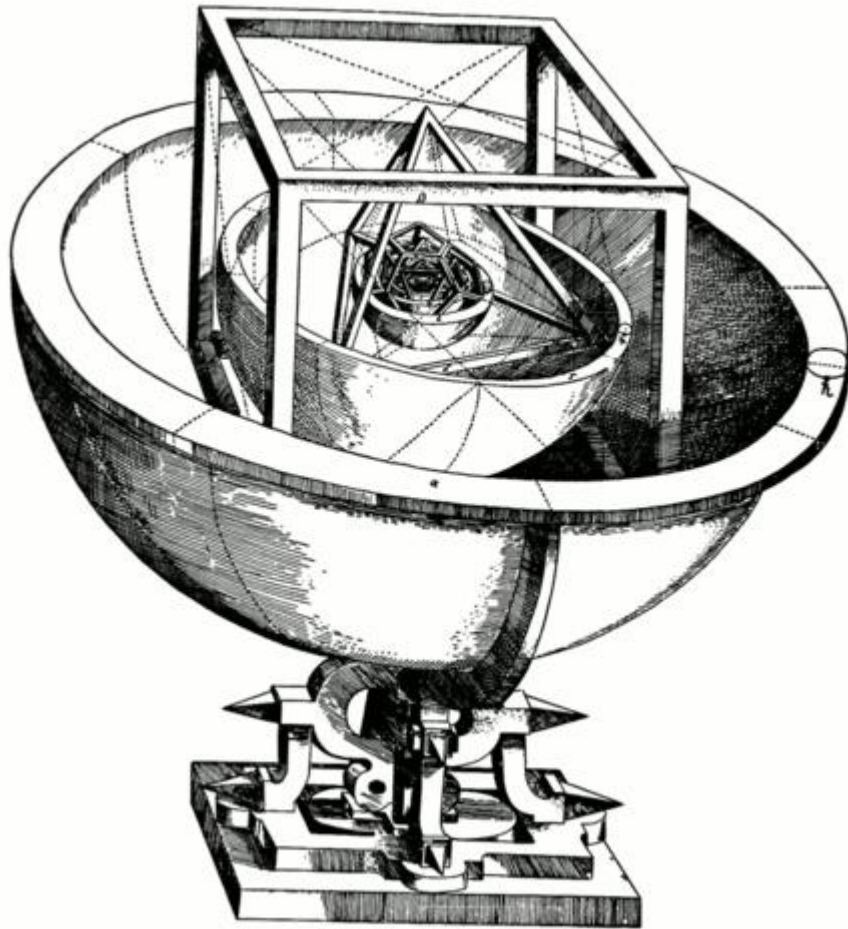


A világ matematikai harmóniája

- Linzben fiatalon töpreng az égitestek számán, méretén és mozgásán:
 - a) Miért pont 6 bolygó van?
 - b) Miért pont úgy aránylanak a bolygópályák méretei egymáshoz?
 - c) Miért mozognak egyre lassabban a bolygók a Naptól távolodva?
- A b) kérdésre keresi a választ:
 - numerikus relációkat keres (sorozatok) \leftrightarrow nem talál
 - próbál láthatatlanul kicsi bolygókat beilleszteni az ismertek közé \leftrightarrow így sem
 - próbálkozik trigonometrikus függvényekkel stb. \leftrightarrow nem jön ki
 - felismerés (előadás alatt): a geometria működhet:
a Jupiter és a Szaturnusz pályái közé éppen egy szabályos háromszög illeszthető!
 - akkor befelé tovább haladva
négyzet, ötszög, stb.
 - \leftrightarrow nem jön ki ☹️



- A megoldás: nem szabályos sokszögek, hanem szabályos testek:
 $Sz \rightarrow kocka \rightarrow J \rightarrow \text{tetraéder} \rightarrow Ma \rightarrow \text{dodeka.} \rightarrow F \rightarrow \text{ikoza.} \rightarrow V \rightarrow \text{okta.} \rightarrow Me$



- Egyrészt ez válasz az a) kérdésre: éppen 5 szabályos test van, így 6 bolygó
- Másrészt válasz a b) kérdésre: ez Isten geometriai terve, ez adja a távolságokat

→ *Mysterium Cosmographicum* (1596, 1621) és *Harmonices Mundi* (1619)

- Az első teljes címe kb.: „Kozmológiai értekezések előzménye, mely tartalmazza a világegyetem titkát, szól az égi szférák csodálatos arányairól, és a mennyek számának, nagyságának és periodikus mozgásának igaz és valódi okairól, melyet az öt szabályos geometriai test biztosít”
- hit: Isten **geometriai mintára** teremtette a világot, a titok megérthető

„A geometria már a Teremtés előtt is létezett, s ugyanúgy örökkévaló, mint Isten szelleme, sőt azonos magával Istennel (...) A geometria adta Istennek a Teremtéshez a modellt, s az emberbe nem a szemmel való tapasztalás útján, hanem az Istenhez való hasonlóságokkal együtt plántáltatott.” (HM)

„...e számok azért szolgáltak örömömre, mert mennyiségeket [geometriai nagyság] jelentenek, melyek régebbtől fogva léteznek, mint maga az ég. A mennyiségek ugyanis az anyaggal együtt már a kezdetekkor megteremtettek, s az ég csupán a második napon... A mennyiségek eszméje Istenben öröktől fogva jelen volt...” (MC)

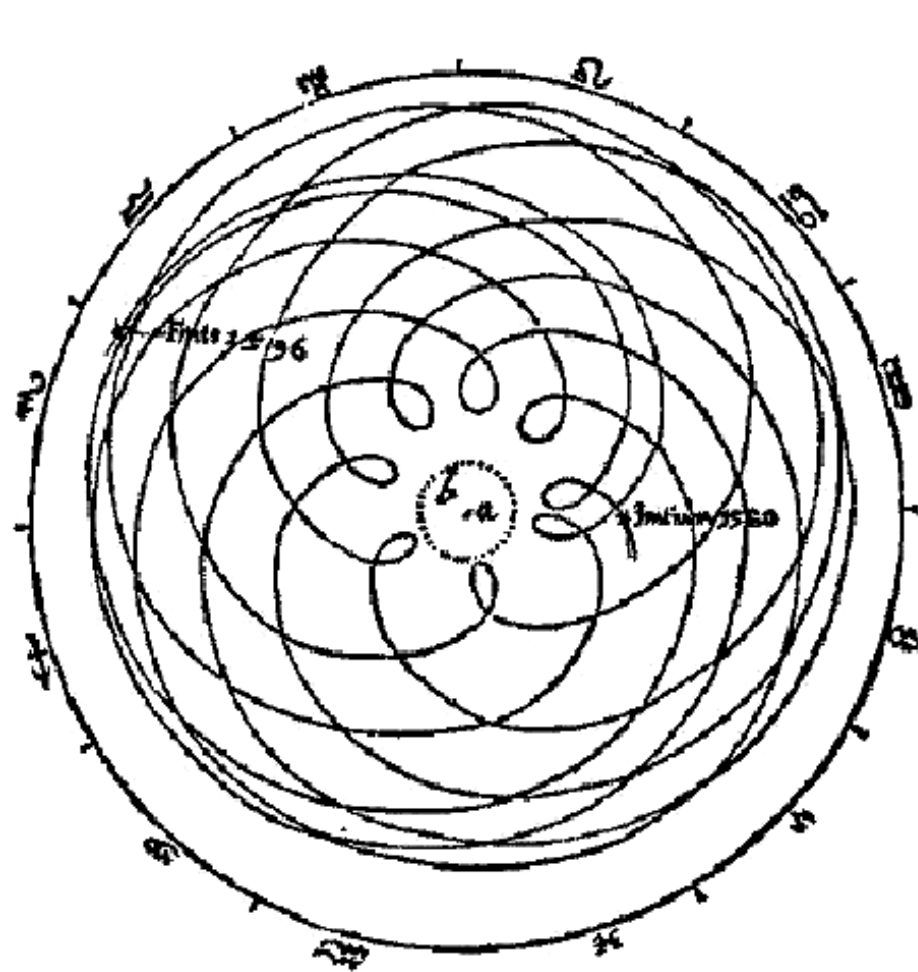
- Mindenféle misztikus szimbolika megjelenik, pl. a kozmosz mozdulatlan részei Istent szimbolizálják: Nap → Atya; csillagszféra → Fiú; köztes tér: Szentlélek
- A fiatalon kitalált poliéder-rendszerhez élete végéig ragaszkodik, ehhez képest a bolygómozgás-törvények számára csak másodlagosan érdekesek

- A szabályos testek közti szféráknak nincs fizikai realitása, csak matematikai + van valamekkora vastagságuk:
 - a *MC*-ban amiatt, hogy nem tökéletes körpályák (excenterek)
 - a *HM*-ban az időközben felfedezett ellipszis-pályák miatt
- A *HM*-ban lekottázza a szférák zenéjét: „Az égi mozgások összessége nem egyéb, mint különböző hangokból álló szüntelen dal (melyet nem fülünkkel, csupán értelmünkkel hallhatunk)...”
 - a bolygók maximális és minimális sebessége határozzák meg a harmóniát
 - elveti a püthagoraszai hangolást és helyette geometriai alapú zenei arányokat vezet be
 - Ma: tenor, Sz és J: basszus, Me: szoprán, V és F: alt
 - a teljes harmónia nagyon ritka, talán csak a teremtéskor volt
 - „A Föld azt énekli, hogy
Mi, Fa, Mi – már a szótagokból is látszik, hogy otthonunkban a nyomorúság (*miseria*) és az éhség (*fames*) uralkodik.”

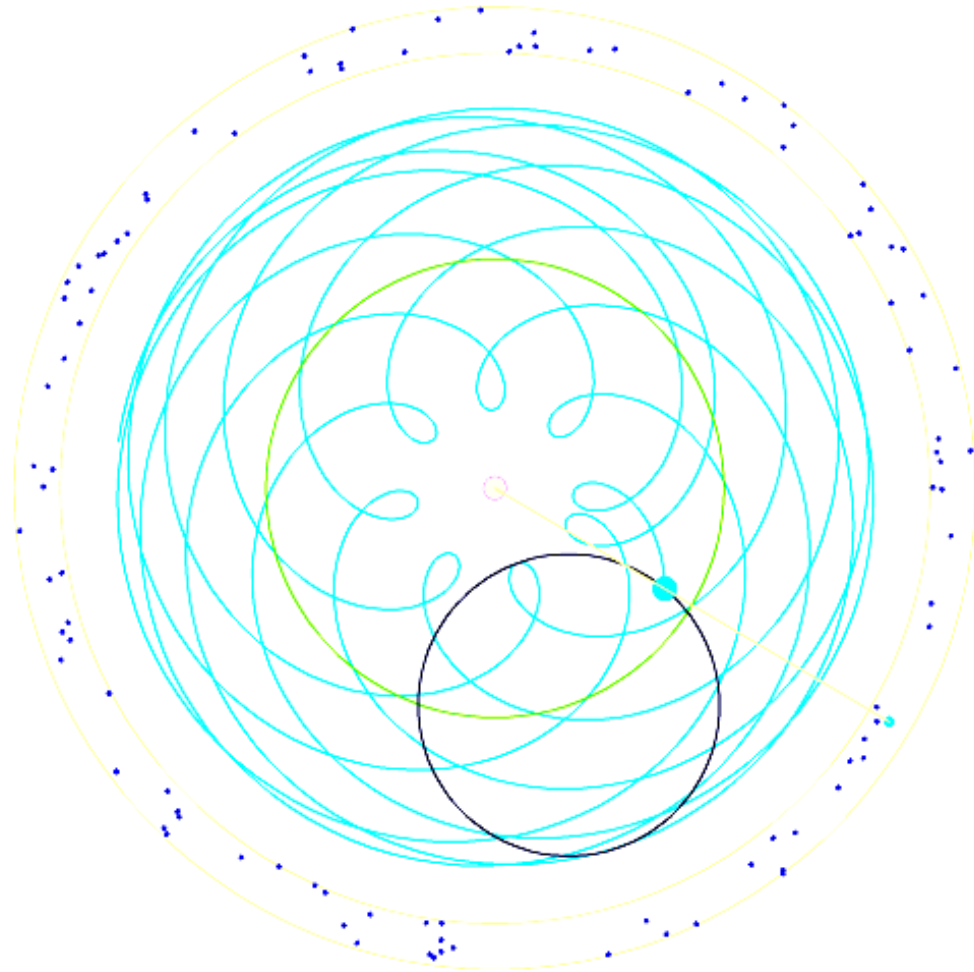


Matematika és optika

Illusztráció: Kepler matematikai precizitása: a Mars pályája a ptolemaioszi rendszer alapján Kepler *Astronomia nova*-jában, ill. számítógéppel ábrázolva

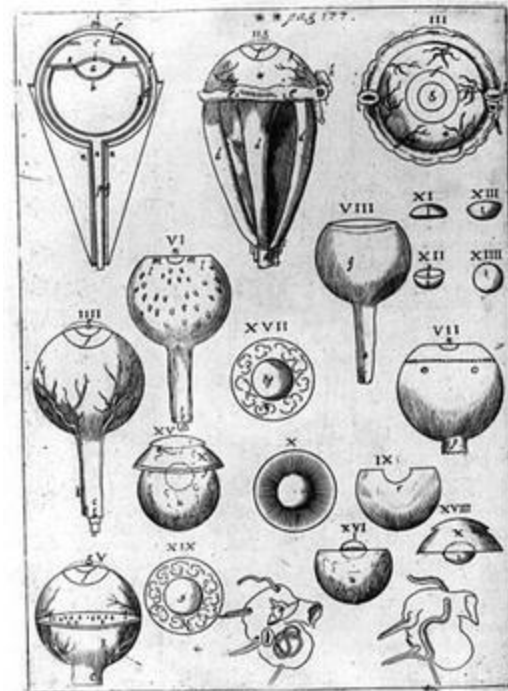


Johannes Kepler, 1609

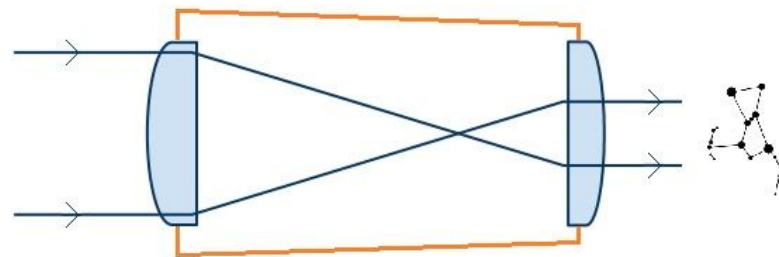
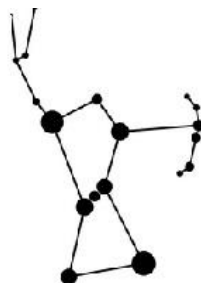
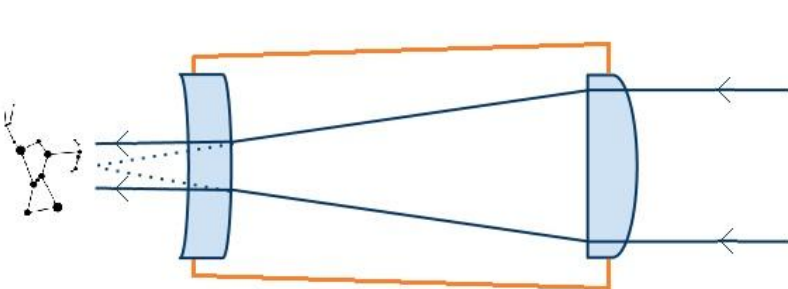


számítógép, 2008

- *Optica* (1604)
 - a matematikaibb részek: kúpszeletek kimerítő tárgyalása, első komoly előrelépés a területen a görögökhöz (Apollóniosz) képest
 - a fókusz folytonos vándorlásával alakítja a kúpszeleteket egymásba
 - annyira megismeri őket, amennyire az első két törvényéhez kell
 - optikaibb részek:
 - a fény intenzitása a távolság négyzetével arányosan csökken
 - fejezet a refrakcióról: Tychóhoz képest új és pontosabb megközelítés, de nem sikerül empirikusan kimérnie a töréstörvényt (Snell, 1620)
 - fogyatkozási jelenségek
 - holdfogyatkozás: a vöröses fény a Hold felszínén a Föld légköre által megtört fény
 - (Maestlint követve) a vékony holdsarló sarlón kívüli derengése a teli-Föld által odavert fény
 - napfogyatkozás: látszik a „koronafény”
 - szem-ábrák: első felismerése annak, hogy fordított kép kerül a retinára
(→ az agyban nyilván visszafordul valahogy)



- *Dioptrice* (1611)
 - valódi vs. virtuális kép, egyenes vagy fordított állású kép, nagyítás, stb.
 - Kepler-féle (avagy csillagászati) távcső:



Galilei-féle távcső (1608):

- egy domború (gyűjtő) és egy homorú (szóró) lencse
- egyenes állású kép
- kisebb max. nagyítás
- kisebb látómező

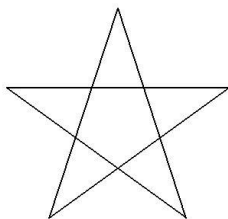
Kepler-féle távcső (1611):

- két domború (gyűjtő) lencse
- fordított állású kép
- nagyobb max. nagyítás
- nagyobb látómező

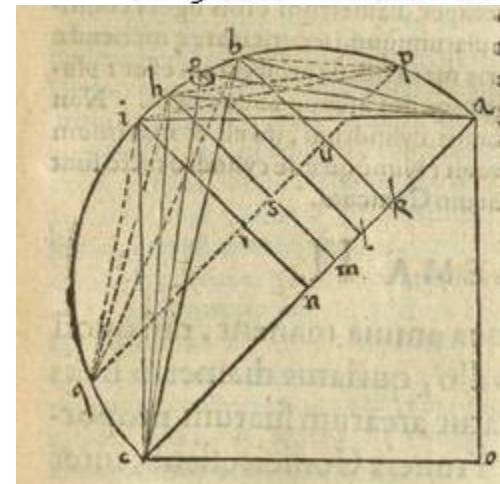
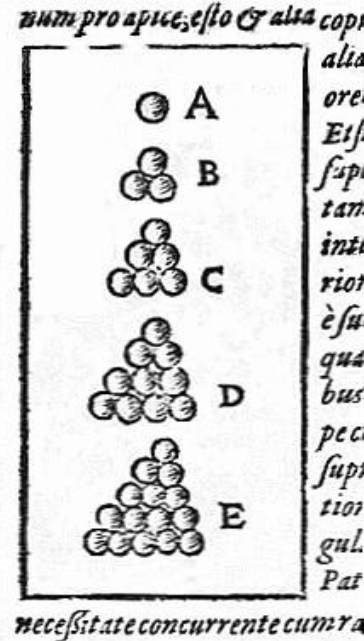
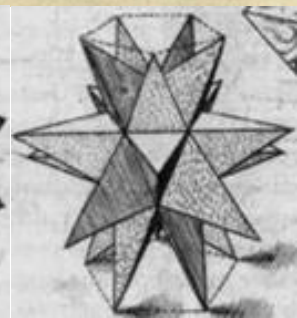
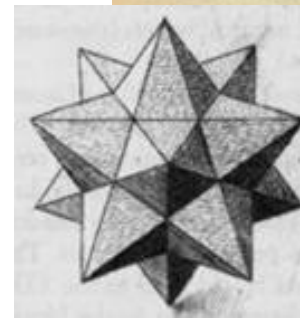
(Az első ilyen távcső megépítője valószínűleg a jezsuita Christoph Scheiner 1614 körül)

- *De nive sexangula* (1611): Kepler-sejtés:
gömbökkel a legjobb térkitöltés a hexagonális és lapközepes
kockaráccsal érhető el
(bizonyítás: 1998, számítógép → 2014: formális)
- *Stereometria doliorum* (1615): a forgástestek térfogatának
kiszámításához Arkhimédész módszere, amely az ún.
infinitezimál számítás őse (apró területek összegzése)
→ integrálszámítás előfutára
→ kell a második (területi) mozgástörvényhez:
„Minthogy tisztában voltam vele: a bolygó pályája mentén
végtelen számú pont vehető fel, melyekhez ugyanígy végtelen
számú naptávolság tartozik, az az ötletem támadt, hogy e
távolságok a pálya területében összegződnek. Emlékeztem
ugyanis arra, hogy Arkhimédész a kör területét hasonló módon
végtelen számú háromszögre osztotta fel.” (*Astronomia nova*)
- *Harmonices mundi* (1619): a szabályos testek vizsgálata
a csillagpoliéderek felfedezéséhez vezet:

Ha ez



egy ötszög, akkor ezek szabályos
poliéderek:



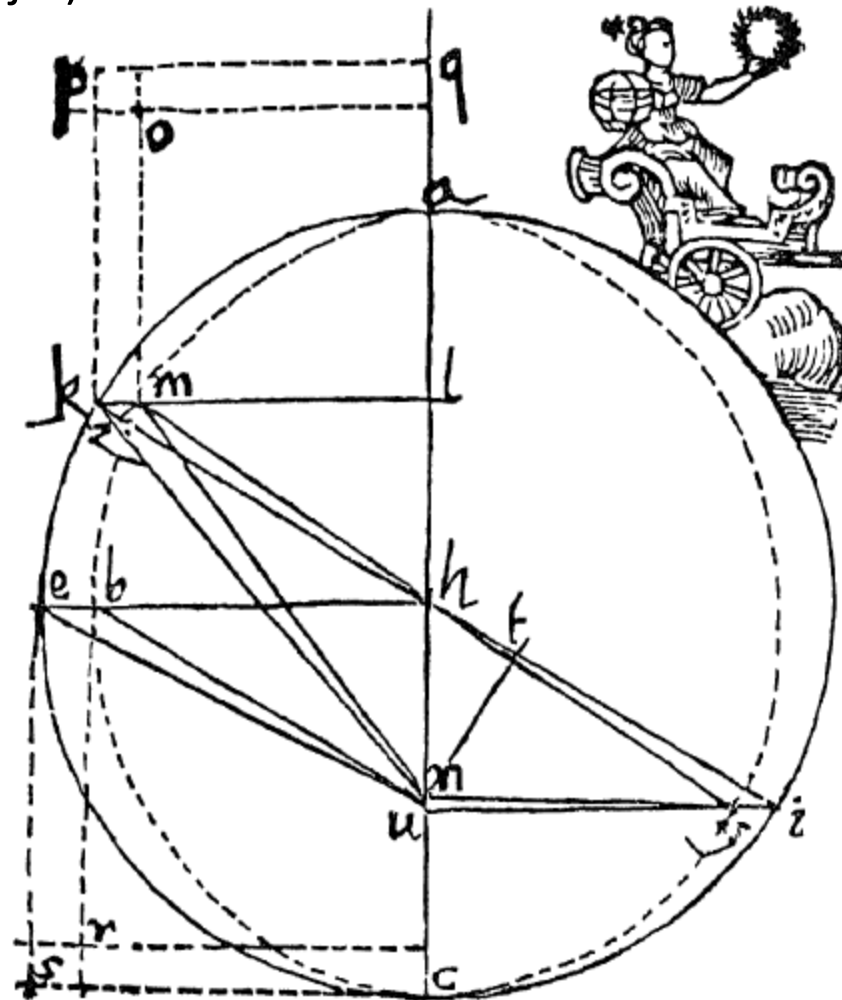
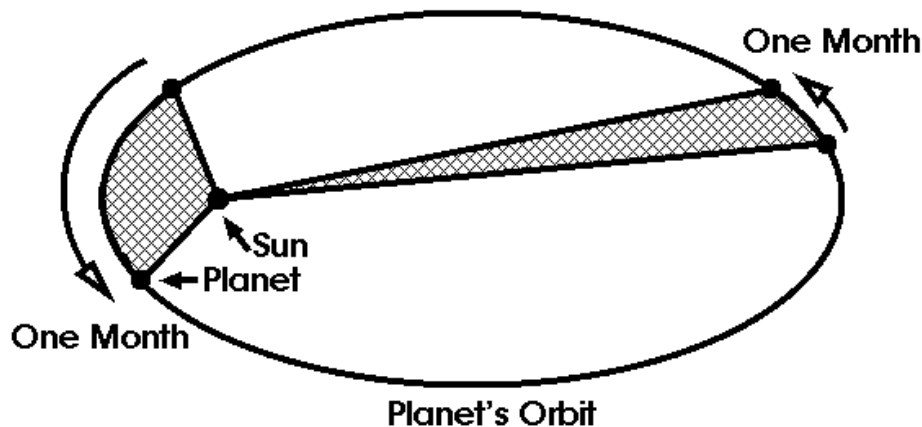
A bolygómozgás-törvények

- Tycho a Mars adatait bízta Keplerre: ennek a legszabálytalanabb a mozgása a körökhöz képest (illetve a Merkúrnak, de azt nehéz elég gyakran észlelni)
 - itt a Porosz Táblázatok 4-5 fokot téved \rightarrow rossz elveken nyugszik
- nehéz munka: egyszerre kell a Mars és a Föld mozgását feltételezni
 - \rightarrow szét kell valahogyan választani az egyes effektusokat
 - áthelyezi a referencia-pontot a Nap kp-jába (Kop. és Tycho a Földhöz viszonyítanak: a földpálya, illetve a Föld középpontjához)
 - oppozíció-táblázatból indul ki, aztán Föld-Nap-Mars háromszögekből pontosít trigonometriai módszerrel
 - \rightarrow ha olyan időpontokat választ, amelyek között pont egész számú év telt el, akkor a Föld-Nap távolság mindig azonos, és így a Mars-Nap távolság változása megállapítható
 - \rightarrow és fordítva: ha a Mars periódusának többszöröse szerint halad, akkor a Föld-Nap távolság változása számítható
- fizikai szemlélet: nem egy geometriai pontot szeretne látni a kp-ban, hanem egy fizikai testet \rightarrow eleve nem szereti az ekvánspontot és az excentert

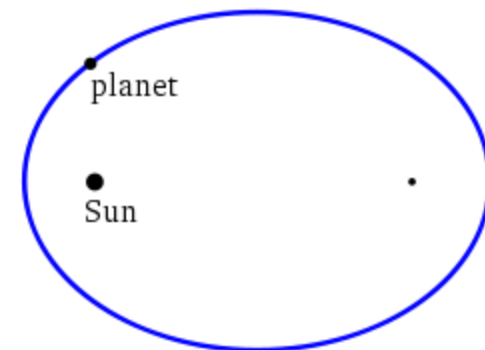
- Először az ún. **2. Kepler-törvényt** fedezi fel (1602). Két megfogalmazásában:
 - a bolygó sebessége a Naphoz mért távolsággal fordítottan arányos
 - a vezérsugár egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűrol
 ⇒ ezzel megdől az egyenletes mozgások platóni eszméje!
 (bár az ekvánspont is erőszakot tett rajta)

Kepler ábrája (*Astronomia nova*): →
 a sarokban Victoria, a győzelem istennője

Egy modern ábrázolás
 ↓ (eleve előfeltételezi az ellipszist)



- Epiciklus, excenter és ekváns segítségével szerkeszt. Így napközeli és naptávoli pontokban, ill. attól 90 fokra pontos illesztést tud elérni.
 \leftrightarrow 45 fokra viszont 8' a hiba
 - ez Tycho előtt tökéletes illesztés lett volna, de Kepler nem nyugszik bele:
 „Csakhogy hozzánk, akik Isten kegyelméből Tycho Brahe rendkívüli pontosságú mérési adatainak birtokában vagyunk, úgy illik, hogy tisztában legyünk e tény jelentőségével... Minthogy azonban ezt az eltérést nem tekinthettem nem létezőnek, ez a nyolc ívperc mutatja meg az utat az asztronómia teljes megreformálása felé...”
- Tehát nem körpálya van, mert azt nem lehet így torzítani: ovális
 - először az ellipszisre gondol, aztán elveti, aztán újra előveszi
 „Ha Ön [Olvasó] unja már e hosszadalmas és fárasztó számításokat, gondoljon szánakozással énreám, ki mindezt óriási időpocsékolással legalább hetvenszer ismételttem meg, s bizonyára nem lesz meglepve, ha megtudja, hogy közel öt év telt el már, amióta nekiveselkedtem a Mars dolgainak.”
- **1. Kepler-törvény (1605):** A bolygók pályája ellipszis, melynek egyik fókuszpontjában a Nap áll
 - ez már kétségbevonhatatlanul pontos
 - de ellentmond a körmozgások platóni elvének!



- *Epitome astronomiae Copernicanae* (1618-21)
 - a többi bolygó pályaadatai is (nem maradt fenn, hogy számolta ki)
 - sokkal egyszerűbb egy ilyen pálya, mint bármilyen korábbi: aphelium (naptávoli pont) helye + excentricitás + pályahajlás
 - meg persze sokkal pontosabb is
 - általánosítja a törvényeket a Holdra (→ pontosabb elmélet) és a Galilei által közben felfedezett Jupiter-holdakra is (bár ezt csak elméletben)

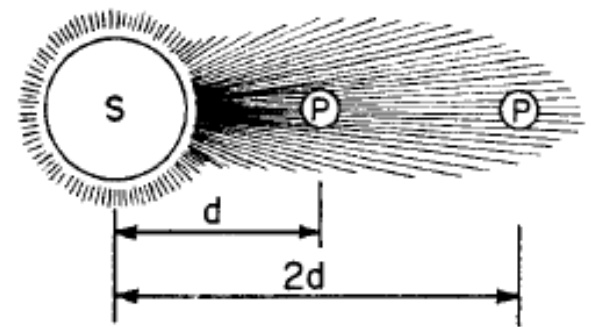
[+ a szokásosnál pontosabb ötletek a Nap-Föld távolság meghatározására:

- szokásos (ókori) adat: $1200 R_F \rightarrow$ akkor a Napnak 3'-es napi parallaxist kell mutatnia, a Marsnak meg időnként még nagyobb \leftrightarrow nem mutatkozik a megfigyelésekben
 Így felteszi, hogy a távolság 3x akkora, mint amit venni szoktak
 (mert szerinte $V_N/V_F = D_{NF}/R_F$ – mert csak)
 (V: térfogat, D: távolság, R: sugár, N:Nap, F: Föld)
- ez még így is 7x kisebb a valódi értéknél]

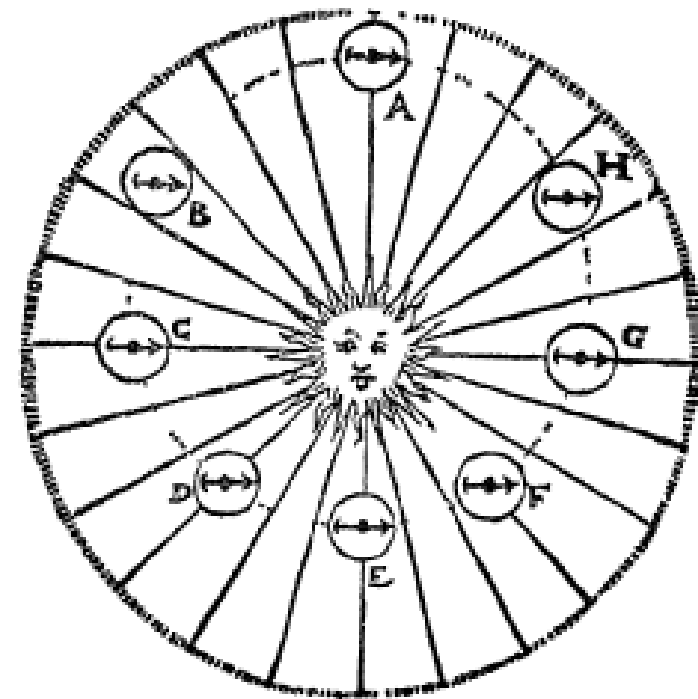
„Égi fizika” és a 3. törvény

Mindvégig hiszi, hogy a Nap nemcsak kp-ja a mozgásoknak, hanem oka is

- MC (1596): a Napból kiindul egy mozgató hatás („szellem”: *anima motrix*), amely síkban terjed, így a távolsággal fordított arányban csökken
 - ebből kiszámol egy összefüggést a bolygó periódusa és Naptól mért távolsága között: kifelé haladva kétszer annyit nő a periódus, mint amennyit a sugár
 - ez persze rossz, de egyfajta válasz az eredeti c) kérdésre: harmónia a keringések ideje és nagysága között
- Későbbi munkáiban is sokat próbálkozik, és új ötletek jönnek be:
 - a Napból sugárzó hatást mutatja az üstökösök csóvájának iránya
 - a bolygók mágnesek (← Gilbert, *De Magnete*, 1600), sőt akkor a Nap is az
 - a Nap forog (Galilei, 1613), így a egyfajta örvény zavarja körbe a bolygókat
 - később inkább az „erő” fogalmát használja a „szellem” helyett:
„Ennek az erőnek valami kézzelfogható dolognak kell lennie – nem szó szerint, csupán abban az értelemben kézzelfoghatónak, ahogyan a fény is kézzelfogható; anyagi természetű testből kisugárzó, anyagtalan, de létező szubsztanciának.”



- Megoldása kb.: A Napból kiáradó „erővonalak” küldik körbe a bolygót. De mivel bekavar a bolygó mágnesessége (a tengely stabil), ezért az letérül a körpályáról és ellipszisbe vált.
- De nem tud ebből mat-i törvényt levezetni.
- Viszont a *HM*-ban (nem fizikából kiindulva) felfedez egy harmóniát: **3. Kepler-törvény:** a bolygók keringési periódusának négyzete arányos az átlagos naptávolságuk köbével.



	Mercury	Venus	Earth	Mars	Jupiter	Saturn
Square of periodic time	058	378	1	3 54	140 7	867 7
Cube of mean distance	058	378	1	3 54	140 8	867 9

← (Az utolsó 2 azért nem stimmel, mert túl nagyok, és Newton 3. értelmében elrángatják a Napot → ezt majd Newton magyarázza)

- nem kellene hozzá az abszolút mennyiségek, hanem csak az arányok
→ Naprendszer-térkép v. modell anélkül, hogy pontos számokat tudnánk
- ezt a törvényt a Galilei-féle Jupiter-holdakra is érvényes

Megjegyzés: a *gravitatio* (nehézkedés) fogalmát is újraértelmezi:

„Ha két követ bárhol az űrben, ahol semmiféle harmadik test nem hat rájuk, egymás közelébe helyezünk, a két kő egymás felé fog közeledni, s találkozni fognak – akárcsak a mágnesek – egy közbenső pontban, mely a kövek tömegével arányosan a súlyosabbikhoz lesz közelebb.”

- a Hold azért nem zuhan a Földre, mert valami külön hatás megakadályozza (ami hiányzik: a tehetetlenség fogalma: egyenes vonalú alapmozgás)
- a Hold vonzása okozza az árapályt is

↔ Galilei: neki más magyarázata lesz, mert ez egy asztrológiai babona:

„De mindazok közt a jelentős tudósok között, akik ezeknek a csodálatos természeti jelenségeknek szentelték figyelmüket, jobban csodálkozom Kepleren, mint bárki máson. Hogyan is tudott egy olyan szabadgondolkodású és átható éleslátással megáldott ember, mikor a Föld mozgásáról szóló tan már a kezében volt, eltúrní és méltányolni olyan dolgokat, mint a Hold uralma a víz felett, s a rejtett tulajdonságok, melyek nem egyebek gyermeksegeknél?”

Asztrológia

„Hogyan befolyásolja az ember sorsát és jellemét születése pillanatában az égbolt kinézete? Nos, egész életünk során érvényesül ez a hatás, oly módon, mint a hurok, melyet a paraszt találomra köt földjén a tök köré: nem tőle nő a tök, de alakját a csomó határozza meg. Ugyanez áll az égre is: nem tőle függ az ember sorsa, boldogsága, szokásai, gyermekei, vagyona vagy felesége; csupán medret, öntőformát jelent...” (24 évesen írt leveléből)

- Eléggé megvetette a bevett asztrológiai gyakorlatokat: nem a csillagjegyek nevéből kell azok tulajdonságaira következtetni (pl. a bika heves), de mindig úgy hitte, hogy fel lehet építeni egy értelmes és hasznos csillagjóslási rendszert
 - a nehézkedés fogalma alátámasztja, hogy hatnak az égiek a Földre: a bolygók aktív erők
 - a *HM*-ban a bolygók a hangjaikkal hatnak ránk
- Gyakran kötődött a megélhetése az asztrológiához, és magánirataiban (pl. napló) is nagyon sok szerepet kap

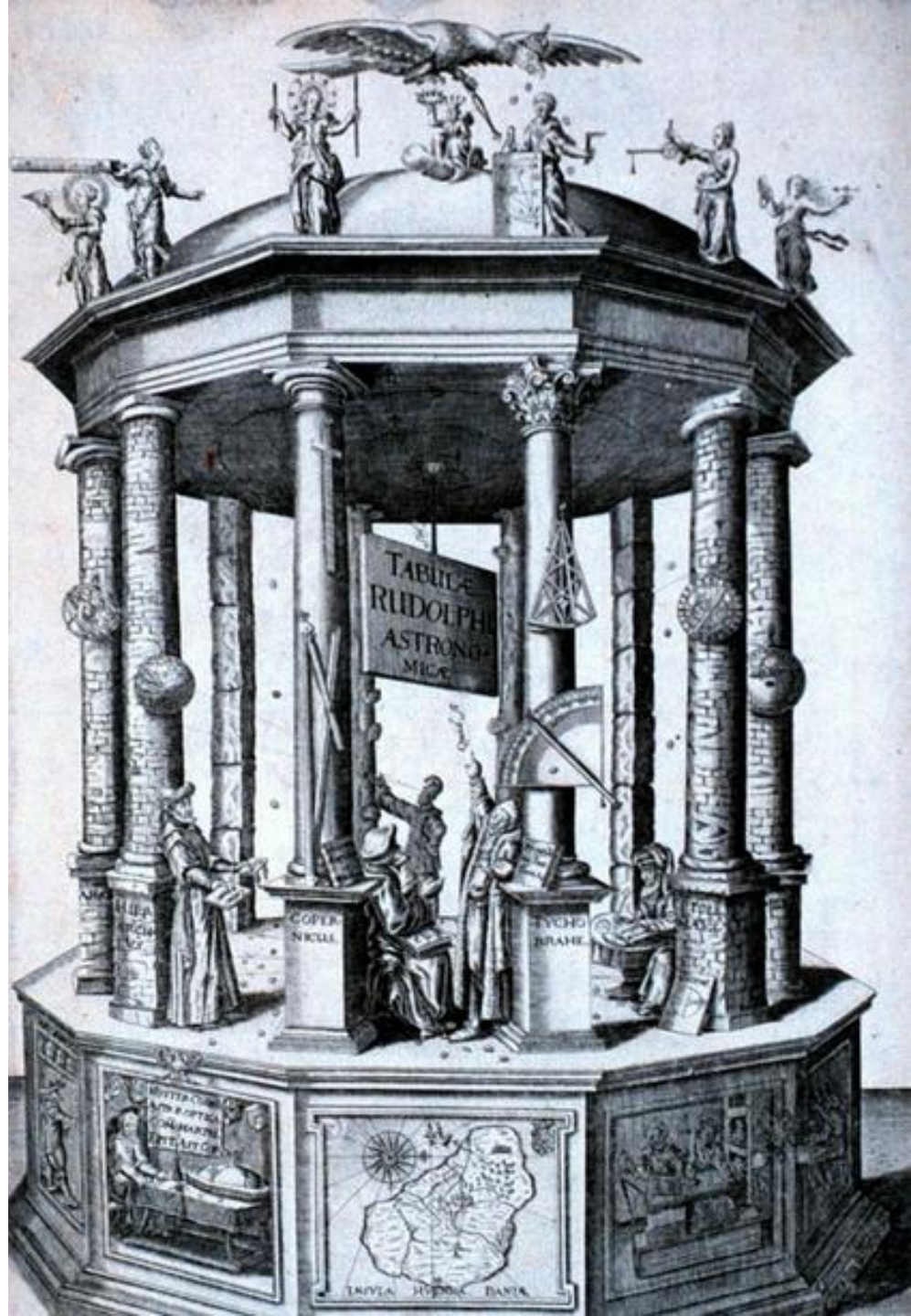
saját horoszkópja →

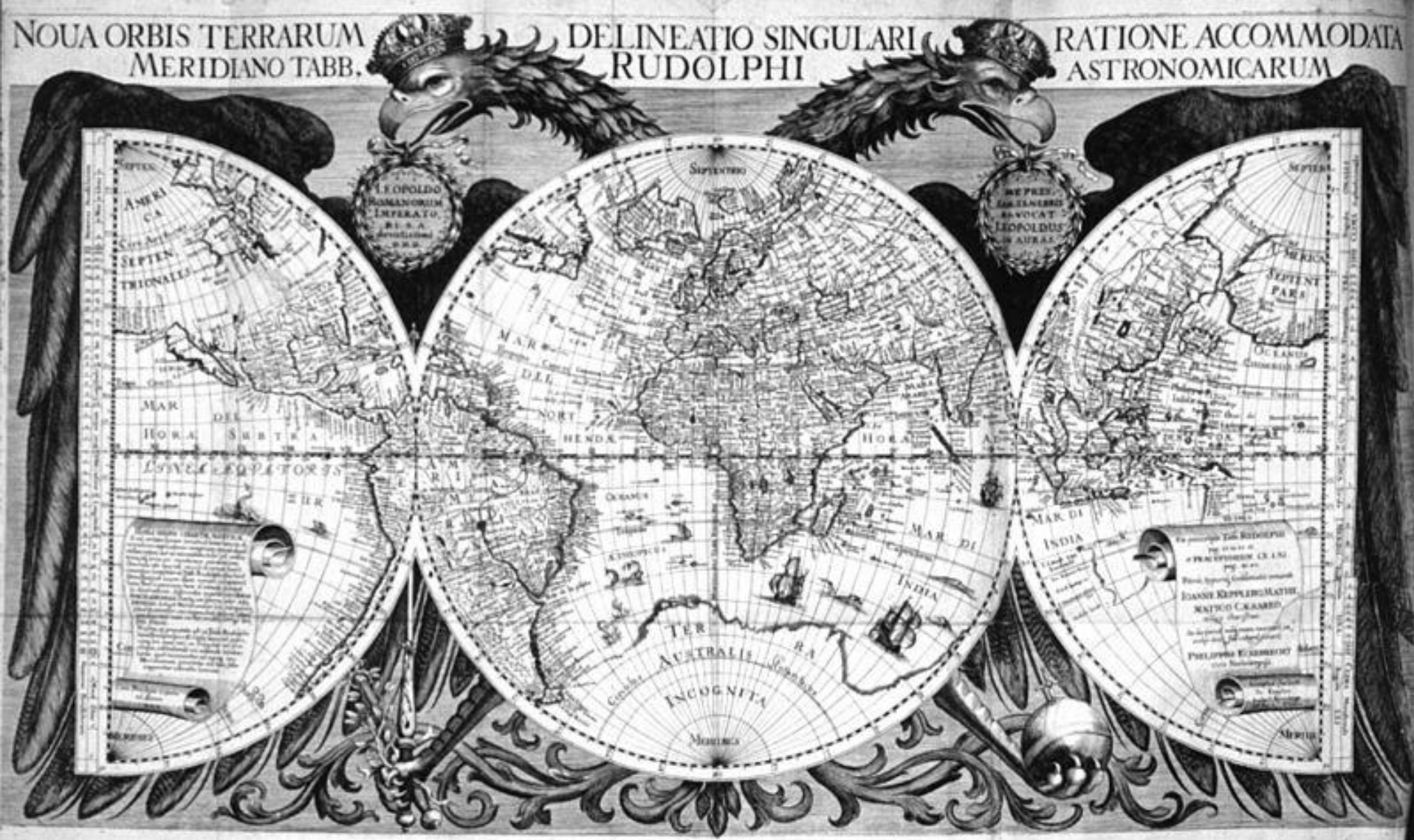


A Rudolf-táblázatok

- csillagkatalógus (1006 Tycho által + kb. 400 egyéb)
 - 1' pontosságon belül
- bolygótáblázatok (Kepler alapján)
- a következő kb. 100 évben ez lesz a standard csill-i táblázat
 - ez alapján készülnek Merkúr-átvonulásra (Gassedni, 1631)
 - és a Vénusz-átvonulásra (Horrox, 1639)
- sokkal pontosabbnak bizonyul, mint addig bármi

A borítón Hipparkhosz, Ptolemaiosz, Kopernikusz és Tycho Brahe →

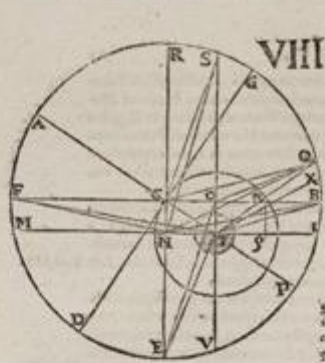




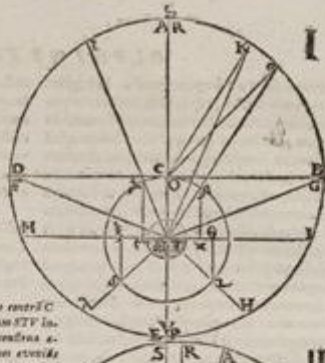
A Rudolf-táblázatokban található világtérkép

Elmélet és adatok a Rudolf-táblázatokban

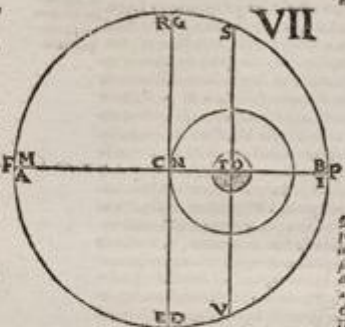
A. Apogeele-
ta.
B. Quadratura
prima loci in Ec-
centrico medio.
C. Centrum Ecce-
ntrici.
D. Longitudo Me-
dia Eccentrici
prima.
E. Oppositio ad
Sola loci in Ec-
centrico medio.
F. Quadratura
prima loci in Ec-
centrico medio.
G. Longitudo
Media Eccentrici
prima.
H. Quadratura
secunda loci in Ec-
centrico medio.
I. Oppositio ad
Sola loci in Ec-
centrico medio.
K. Longitudo
Media Eccentrici
secunda.
L. Quadratura
secunda loci in Ec-
centrico medio.
M. Centrum Ecce-
ntrici.
N. Longitudo
Media Eccentrici
secunda.
O. Quadratura
tertia loci in Ec-
centrico medio.
P. Centrum Ecce-
ntrici.
Q. Longitudo
Media Eccentrici
tertia.
R. Quadratura
tertia loci in Ec-
centrico medio.
S. Centrum Ecce-
ntrici.
T. Longitudo
Media Eccentrici
tertia.
U. Quadratura
quarta loci in Ec-
centrico medio.
V. Centrum Ecce-
ntrici.
W. Longitudo
Media Eccentrici
quarta.
X. Quadratura
quarta loci in Ec-
centrico medio.
Y. Centrum Ecce-
ntrici.
Z. Longitudo
Media Eccentrici
quarta.



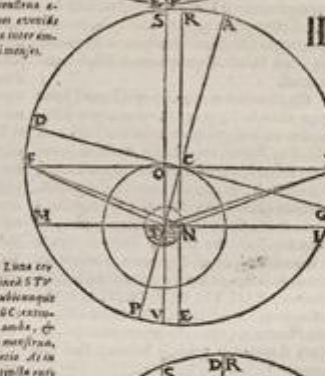
Quarta loci in Ec-
centrico medio.
S. Centrum Ecce-
ntrici.
T. Longitudo
Media Eccentrici
tertia.
U. Quadratura
quarta loci in Ec-
centrico medio.
V. Centrum Ecce-
ntrici.
W. Longitudo
Media Eccentrici
quarta.
X. Quadratura
quarta loci in Ec-
centrico medio.
Y. Centrum Ecce-
ntrici.
Z. Longitudo
Media Eccentrici
quarta.



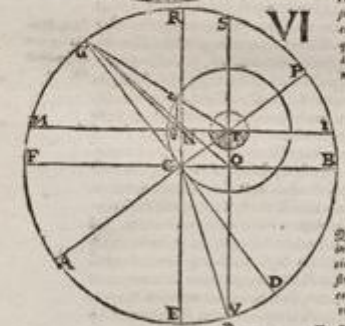
I



VII



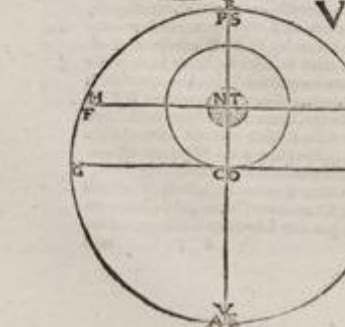
II



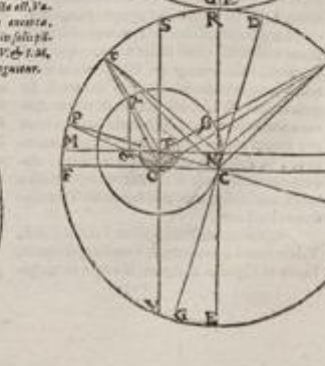
VI



III



V



IV

Quarta loci in Ec-
centrico medio.
S. Centrum Ecce-
ntrici.
T. Longitudo
Media Eccentrici
tertia.
U. Quadratura
quarta loci in Ec-
centrico medio.
V. Centrum Ecce-
ntrici.
W. Longitudo
Media Eccentrici
quarta.
X. Quadratura
quarta loci in Ec-
centrico medio.
Y. Centrum Ecce-
ntrici.
Z. Longitudo
Media Eccentrici
quarta.

64

Tabularum Rudolphi

Tabula Aequationum MARTIS.

Anomalia Eccentri, Cum aequatione in parte p[er]p[et]ua	Interco- lunarium, Cum Lega- tionibus.	Anomalia conquata.	Intervallu Cum Lega- tionibus	Anomalia Eccentri, Cum aequatione in parte p[er]p[et]ua	Interco- lunarium, Cum Lega- tionibus.	Anomalia conquata.	Intervallu Cum Lega- tionibus
120	1. 5. 36	115.17.11	145193	150	1. 10. 35	147.13.44	140127
121	1. 5. 36	116.19.52	145080	151	1. 10. 43	148.18.42	140005
122	1. 5. 59	117.22.39	144871	152	1. 10. 49	149.23.44	139887
123	1. 6. 11	118.25.31	144663	153	1. 10. 56	150.28.49	139773
124	1. 6. 22	119.28.29	144458	154	1. 11. 3	151.33.57	139663
125	1. 6. 34	120.31.33	144255	155	1. 11. 10	152.39.9	139558
126	1. 6. 46	121.34.42	144055	156	1. 11. 16	153.44.23	139456
127	1. 6. 57	122.37.56	143857	157	1. 11. 23	154.49.40	139358
128	1. 7. 8	123.41.14	143661	158	1. 11. 28	155.55.0	139263
129	1. 7. 19	124.44.37	143468	159	1. 11. 33	157.0.23	139173
130	1. 7. 30	125.48.6	143278	160	1. 11. 38	158.5.49	139087
131	1. 7. 40	126.51.40	143091	161	1. 11. 43	159.11.17	139005
132	1. 7. 50	127.55.19	142906	162	1. 11. 48	160.16.47	138927
133	1. 8. 1	128.59.3	142724	163	1. 11. 53	161.22.19	138852
134	1. 8. 11	130.2.52	142545	164	1. 11. 57	162.27.53	138782
135	1. 8. 21	131.6.45	142370	165	1. 12. 2	163.33.29	138716
136	1. 8. 30	132.10.43	142198	166	1. 12. 6	164.39.6	138654
137	1. 8. 40	133.14.46	142028	167	1. 12. 10	165.44.45	138597
138	1. 8. 49	134.18.53	141861	168	1. 12. 13	166.50.26	138544
139	1. 8. 59	135.23.4	141697	169	1. 12. 16	167.56.8	138495
140	1. 9. 5	136.27.20	141537	170	1. 12. 19	169.1.52	138450
				171	1. 12. 21		138410

Kepler fogadtatása

- Rudolf-táblázatok: oké – nagyon pontos
→ ezt széles körben kezdik használni
- Elmélet:
 - sokan ellenzik
 - heliocentrizmus miatt (lásd: Galilei pere)
 - a fizikának nincs helye a csillagászatban
(1630-1650: Az *Epitome...* a legelterjedtebb csillagászati tankönyv, de kevesen fogadják el a fizikáját és Kepler saját újításait)
 - az ellipszisek elfogadhatatlanok: csak körmozgások!
 - meg amúgy is elég zavaros fejű alak...
 - mások figyelmen kívül hagyják
 - pl. Galilei, Descartes: egyszerűen nem beszélnek róla
- 1660-as évek: erők és tehetetlenség kapcsolata a pályákkal (Borelli, Huygens, Hooke, Newton): akkor válik elfogadottá, amikor meglesz hozzá a fizika (Newton a Kepler-törvényekből vezeti le a Newton-törvényeket)

Néhány további Kepler

