

# Bevezetés a csillagászatba IV

2. Naprendszer II., közeli csillagok

## Ptolemaiosz: Alexandria (isz.100-168)

Egyiptomban élő görögül beszélő, matematikus, csillagász, geográfus

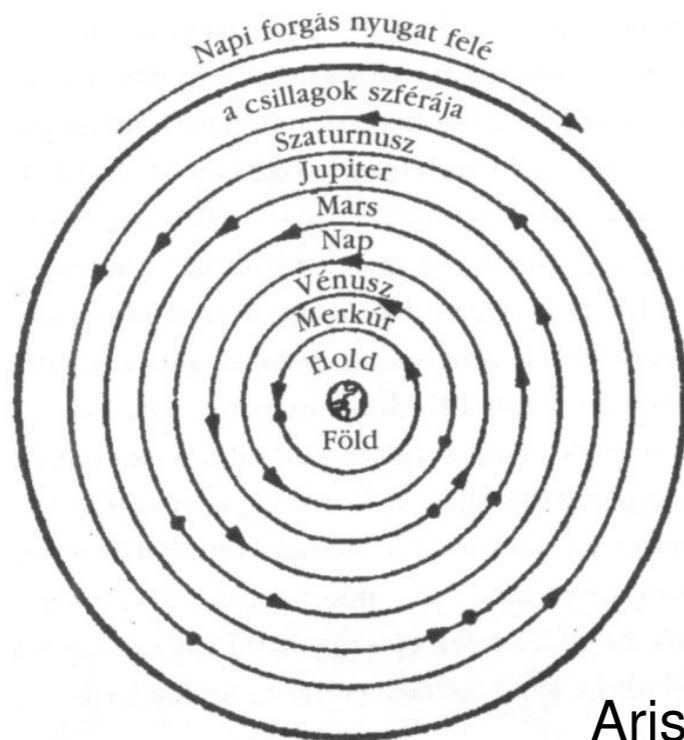
**Almagest** (matematikai csillagászat)

A geocentrikus világkép tudományos igényű leírása

A a trigonometriai számításokról legkorábbi fennmaradt mű.



**Arisztotelészi heliocentrikus világkép** (l.e.340): a Föld mozdulatlan, és a Nap, a Hold, a bolygók meg a csillagok körpályákat járnak be körülötte. Misztikus alapokon vélekedett így, ugyanis a Földet a világegyetem központjának tartotta, a körpályát pedig a legtökéletesebbnek.



Arisztotelész kozmológiája

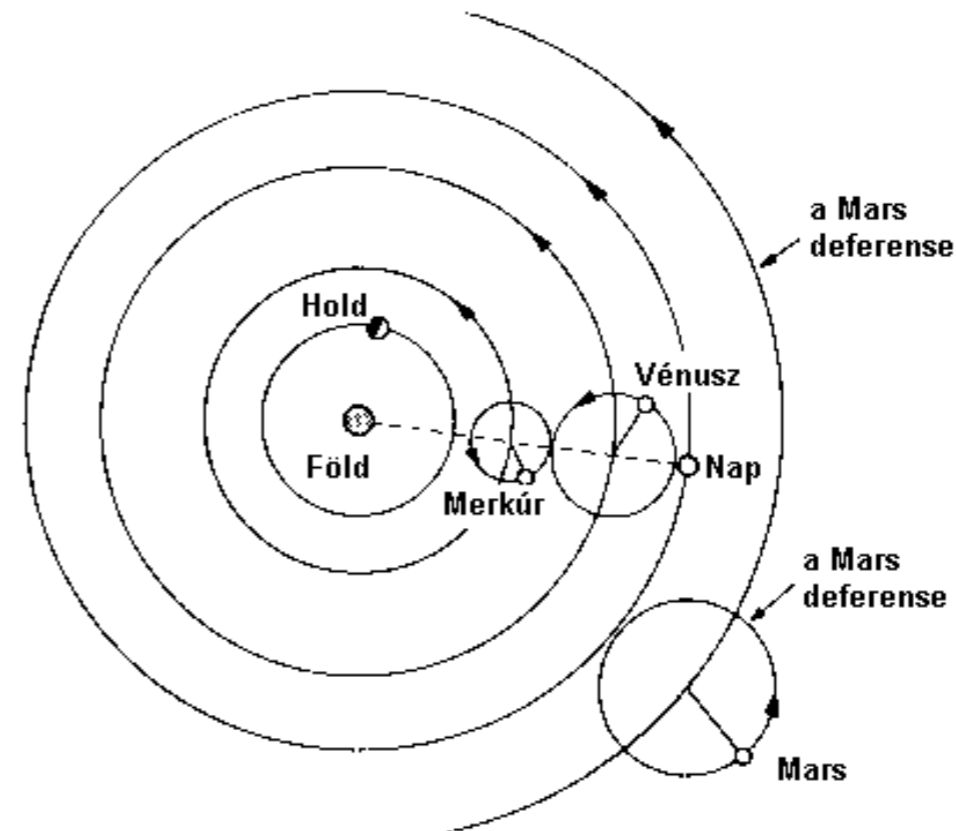
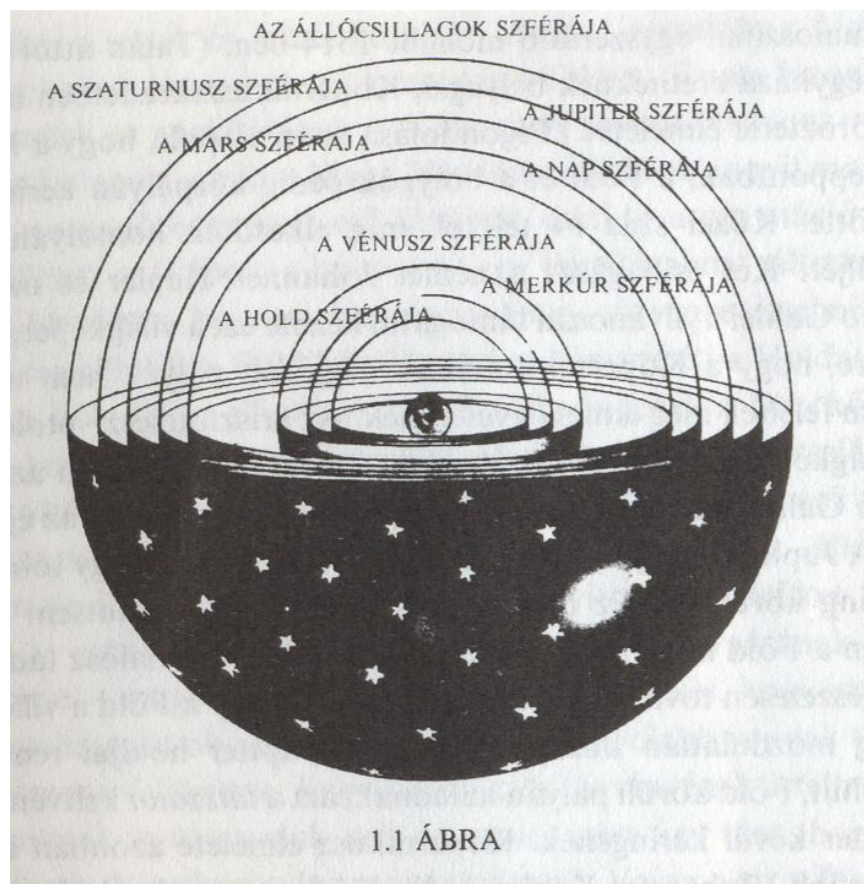
A látható szférákon kívüli világgal nem foglalkozott .

Ellentmondás: a csillagászati megfigyelések szerint a bolygók Földről nézve **hol előre, hol hátra mozognak**

## PTOLEMAIOSZ GEOCENTRIKUS RENDSZERE (isz. 1 század)

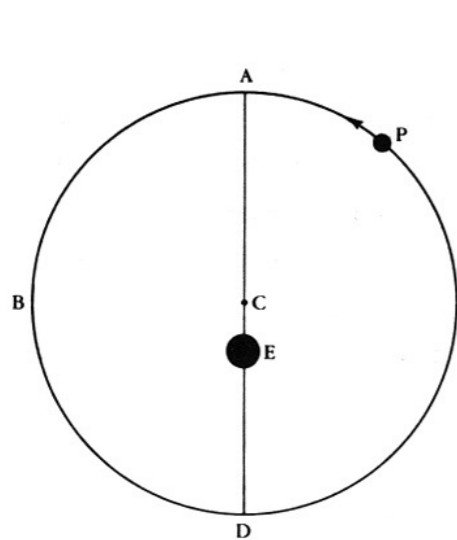
A mindenség középpontjában álló Földet nyolc szféra fogja körül. Ezeken mozog a Nap, a Hold, az összes csillag és az akkor ismert öt bolygó: a Merkúr, a Vénusz, a Mars, a Jupiter és a Szaturnusz (1.1. ábra).

A bolygók a megfelelő szférákhoz illeszkedő kisebb körpályákon mozognak; ezzel lehetett értelmezni eléggé bonyolult látszólagos pályájukat. A legkülső szférán az úgynevezett állócsillagok helyezkednek el. Ezek egymáshoz képest mozdulatlanok, de együtt forognak az égbolttal. Nem sok szót vesztegettek arra, hogy mi lehet a legkülső szférán túl; annyi bizonyos volt, hogy az már nem tartozik az ember által megfigyelhető univerzumhoz.

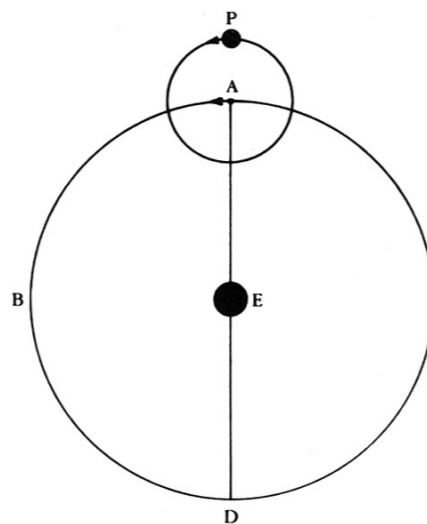


**A bolygók bonyolult látszólagos mozgására a következő magyarázatot adta**

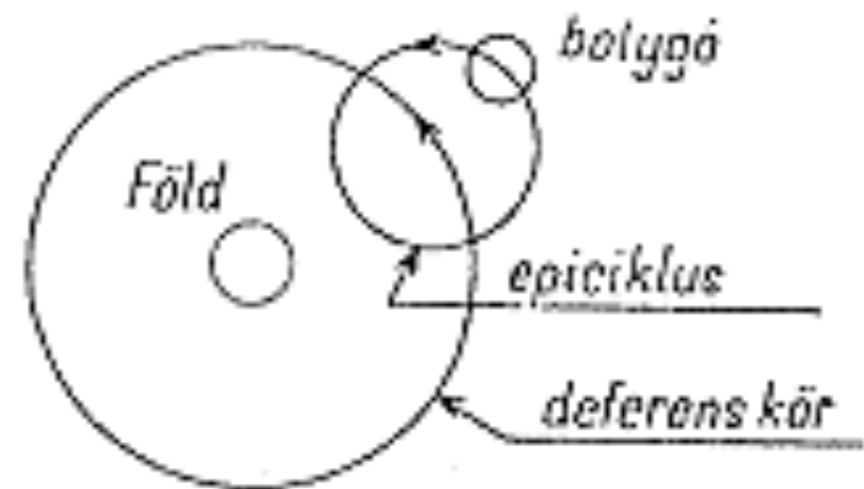
bolygók egyenletes mozgást végeznek egy kör mentén, **(defens kör)**,  
a kör középpontja egyenletes mozgást végez a Föld körül. **(epiciklus)**



Defens kör



epiciklus



Mai szemmel:

Mivel az égitestek mozgását a **mozgó** Földről látjuk, és az **ellipszist** a körökből nehéz kirakni, ezért **kellenek az epiciklusok**

## Ptolemaiosz rendszere: a geocentrikus világkép

Az **Almagest** első könyve leszögezi a geocentrikus világrendszer alaptételeit, amelyek az elkövetkező hosszú évszázadok során rendíthetetlenek voltak:

1. Az égbolt gömb alakú és forog.
2. A Föld gömb alakú.
3. A Föld a Világegyetem közepén van.
4. A Föld csak pont az éghez képest.
5. A Föld nem mozog.

A mozgásokat helyesen írja le, ami **kiváló bolygótáblázatok** elkészítését tette lehetővé, hosszú időre pontosan megjósolva a bolygók helyzetét.

Ptolemaiosz rendszere másfél ezer évig rendíthetetlen maradt. A Kopernikuszi rendszer létrejöttéig ezt használták.

Magyarázatot adott azokra az égi jelenségekre, amelyeket akkoriban ismertek: a Nap, a Hold és az öt bolygó mozgására.

Állócsillag katalógusa pedig túlélte a geocentrikus világkép bukását is.

# Ptolemaiosz Naprendszer

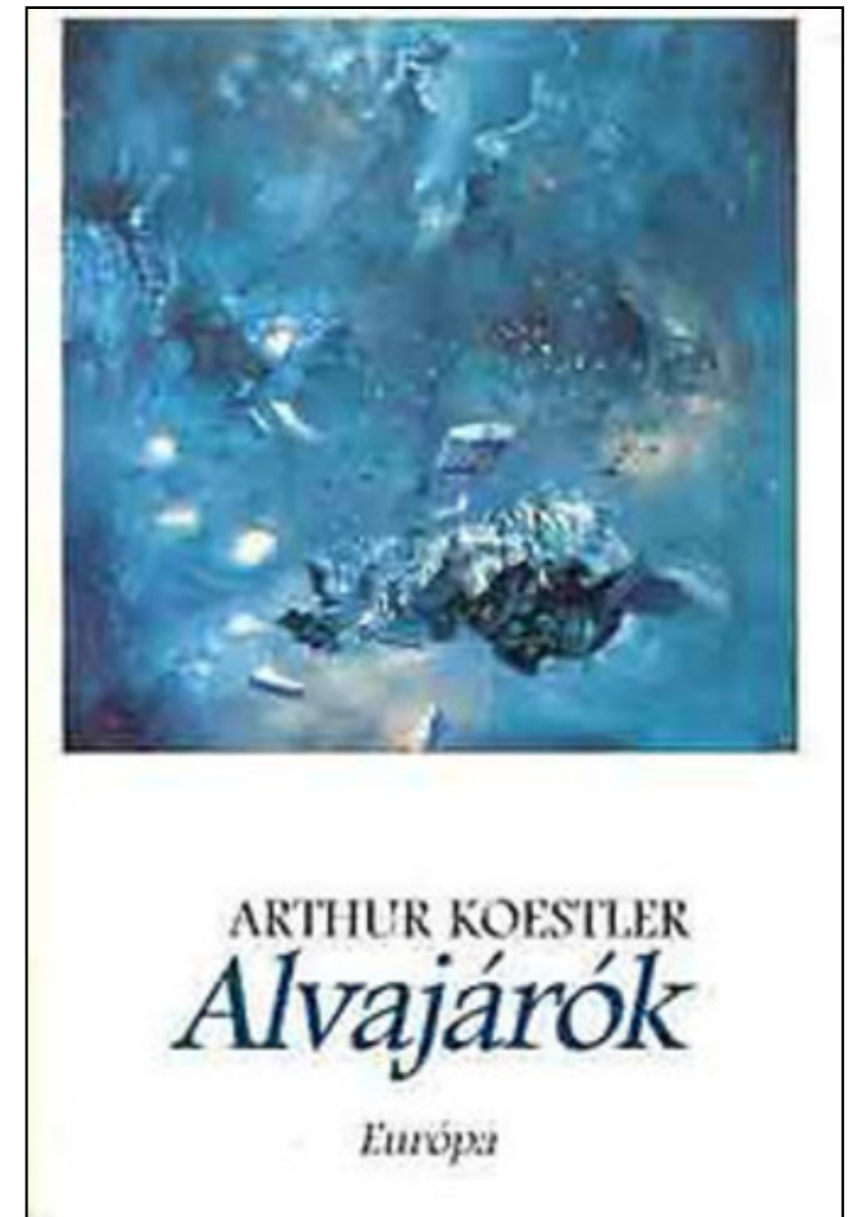
Égtest	Átlag (Rp)
Nold	48
Merkur	115
Vénusz	623
Nagy	1210
Mars	5040
Jupiter	11503
Saturnus	17026
Arétek	20000

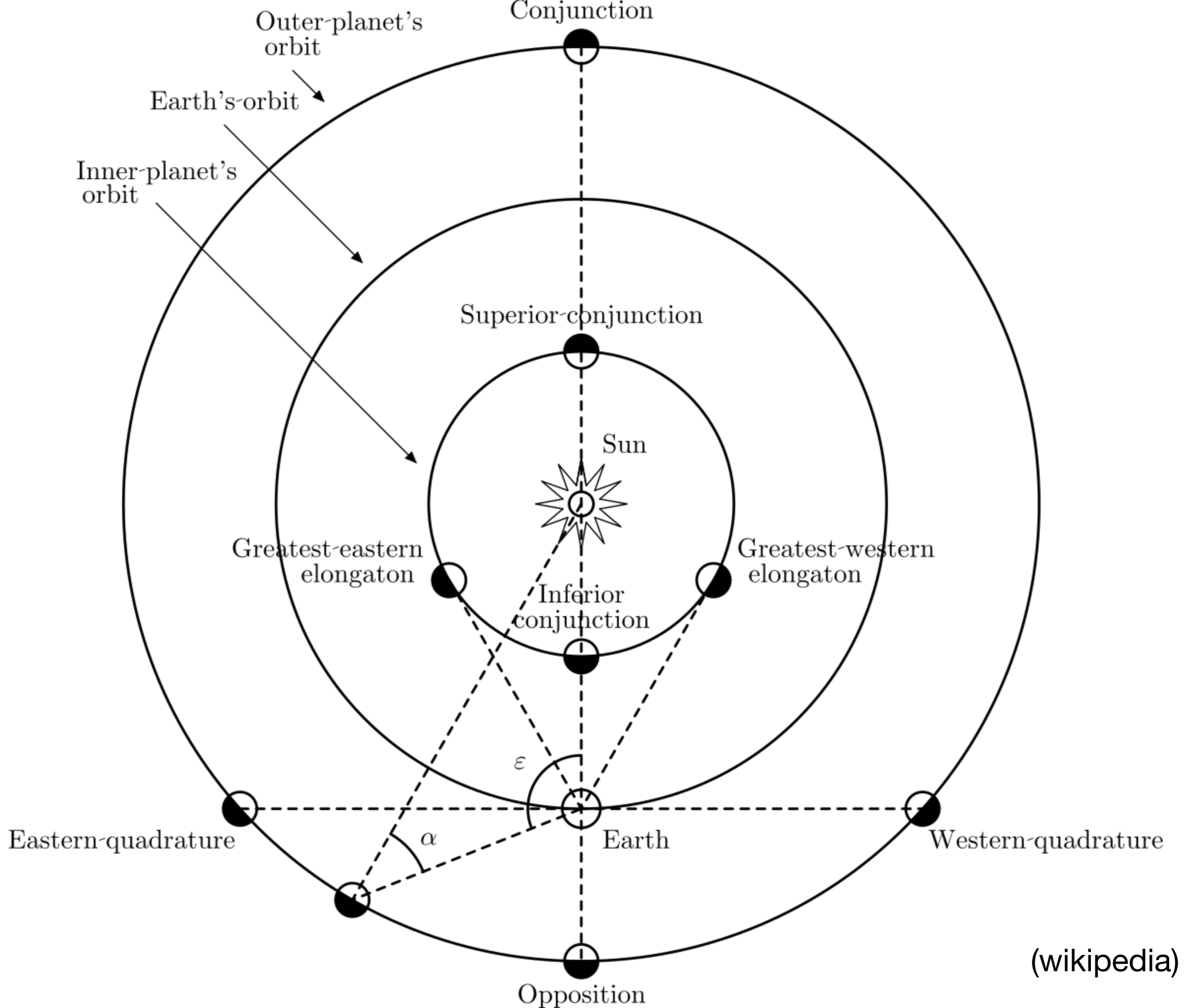
Defensio is epicyclis

Kopernikusz, Tycho Brahe, Kepler: a 16. és 17. század fordulóján vissza a heliocentrikus világhoz

Középpontban a Nap, körülötte körpályákon a bolygók. De pl. Kopernikusznál több epiciklus volt, mint Ptolemaiosznál.

Kialakult a belső bolygók, külső bolygók fogalma.

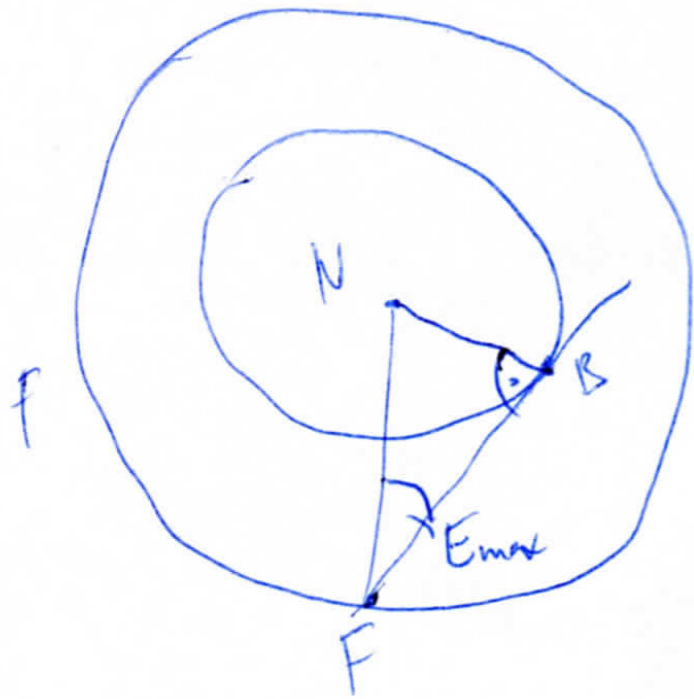




(wikipedia)



Maximális elmozdulás mértéke: Ha tevénytől a hullódróti feszítő függőlegesen,  
 A csúcsra a felületre merőleges



$$\sin E_{\max} = \frac{NB}{NF} \rightarrow NB = NF \cdot \sin E_{\max}$$

Pl. Felületre a csúcsra leggyorsabb elmozdulás  $46^{\circ}18'$   $\rightarrow$   $NB = \sin 46^{\circ}18' = 0.723$  CSE

10. Kuisa laajien lyöskätkä geometriaa käyttäen kirkonkirkon kirkon

Merkki 0.38

Välikä 0.72

Kirkko 1

Maus 1.52

Jupiter 5.22

Saturnus 9.77

Kopernik

+ Kopernikun teoreettinen on kirkonkirkon  
järjestelmä. Muuta kirkonkirkon  
kirkon "kirkonkirkon" - uuden kirkon kirkon

Tycho Brahe (1546-1601)

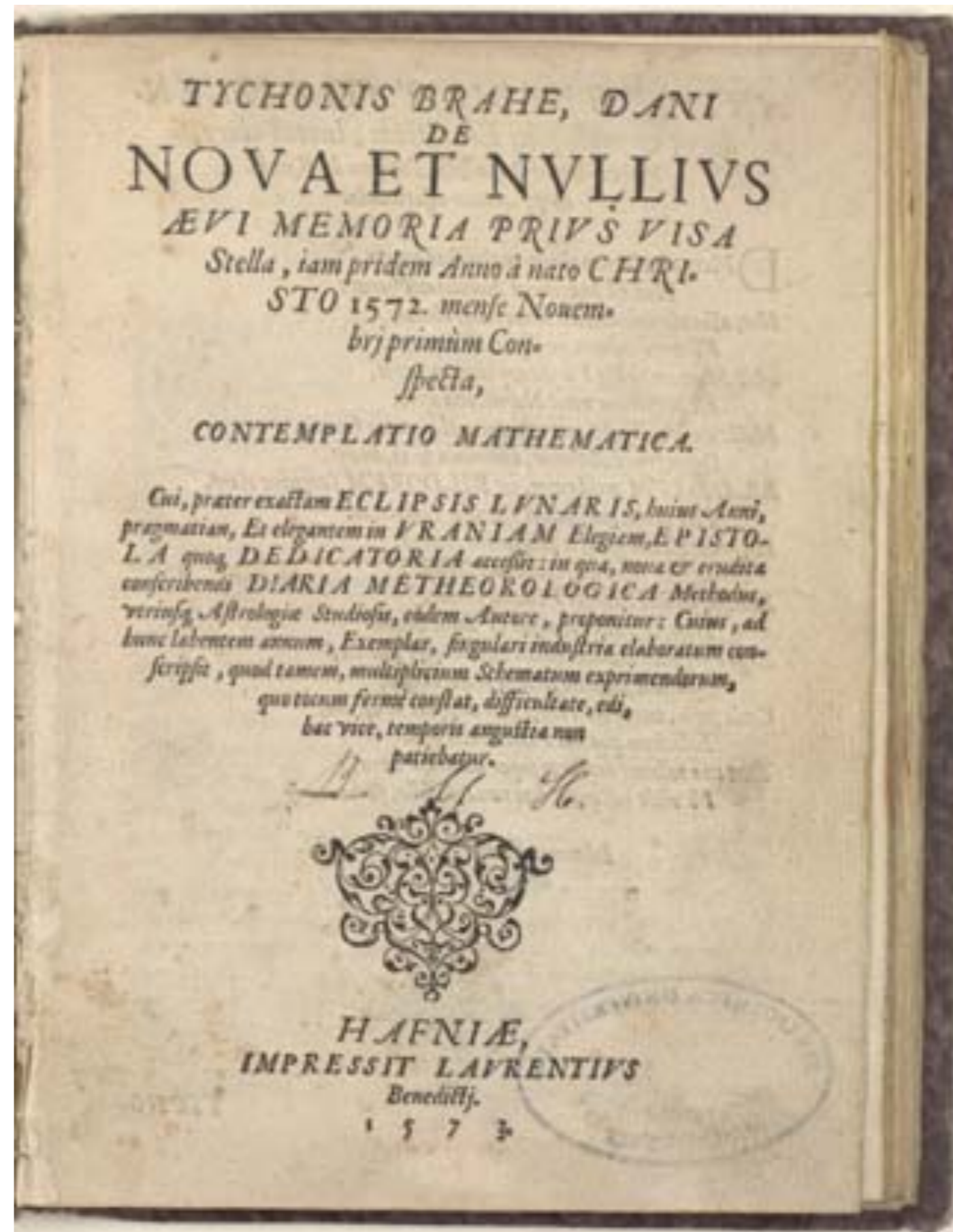
Szabadszememes megfigyelő, 1'-es pontosságú pozíciómérés  
távcsövek nélkül

1572: szupernóva a Cassiopeia csillagképben, nem  
detektált semmilyen parallaxist.

I. a csillagok világa változik;

II. a csillagok legalább  $7,85 \times 10^6 R_F$  távolságban vannak.

1572: SN Cas



*A caput Cassiopeæ*  
*B pectus Schedæ*  
*C Cingulum*  
*D flexura ad Iliæ*  
*E Genu*  
*F Pes*  
*G suprema Cathedra*  
*H media Cathedra*  
*I Nova Stella.*



Distantiam verò huius stelle à fixis aliquibus  
 in hac Cassiopeiæ constellatione, exquisito instrumento,  
 & omnium minutorum capaci, aliquoties observavi. In-  
 veni autem eam distare ab ea, quæ est in pectore, Schedæ  
 appellata B, 7. partibus & 55. minutis: à superiori  
 verò

verò sella G, partibus 5, minutis 21: à flexura deniq̃,  
 & ea, quæ iuxta Iliæ D, 5. partibus minuto 1. Ex his  
 distantijs huius novæ stellæ à dictis fixis, ipsius locus  
 incidit, quo ad longitudinem in 7 G: 8, cum latitu-  
 dine Septentrionali 54. ferè partium, paucissimis vtro-  
 biq̃ neglectis minutis: idq̃ potissimum per duas ultimas  
 distantias, à flexura videlicet, & suprema Cathedræ  
 innotuit. Nam si harum duarum fixarum loca, secun-  
 dum longitudinem & latitudinem nota, præsuppona-  
 mus, non latebit scientiæ triangulorum sphericorum  
 gnaro, novi sideris ab æquinoctio verno in longitudi-  
 nem, & ab Eccliptica in latitudinem remotio. Sint  
 enim evidentioris demonstratiõis gratia, in sequenti  
 figuratiõne, duæ stellæ fixæ sideris Cassiopeiæ A & B:  
 quarum A sit illa in Cathedræ parte superiore, quam  
 alij in ascensu medio collocant: B verò illam, quæ in  
 flexura est, iuxta Iliæ, representet: C autem locus no-  
 væ stellæ, & A C, arcus distantie eius à suprema  
 Cathedræ: C B, arcus inter hanc & flexuram inter-  
 ceptus: & A B, arcus intercapedinis vtriusq̃ fixæ.  
 Sit insuper G polus Zodiaci Boreus, à quo duo qua-  
 drantes descendant in Ecclipticam, per præenominatas  
 fixas in A & B positas. Per A quidem G, D: per  
 B verò G F. erit itaq̃ D F arcus Ecclipticæ  
 dirimens vtriusq̃ fixæ longitudinem, & A D, atq̃  
 B F, arcus latitudinum earundem fixarum. Pari ra-  
 tione à polo Zodiaci, per locum novæ stellæ in C positæ,

B 2

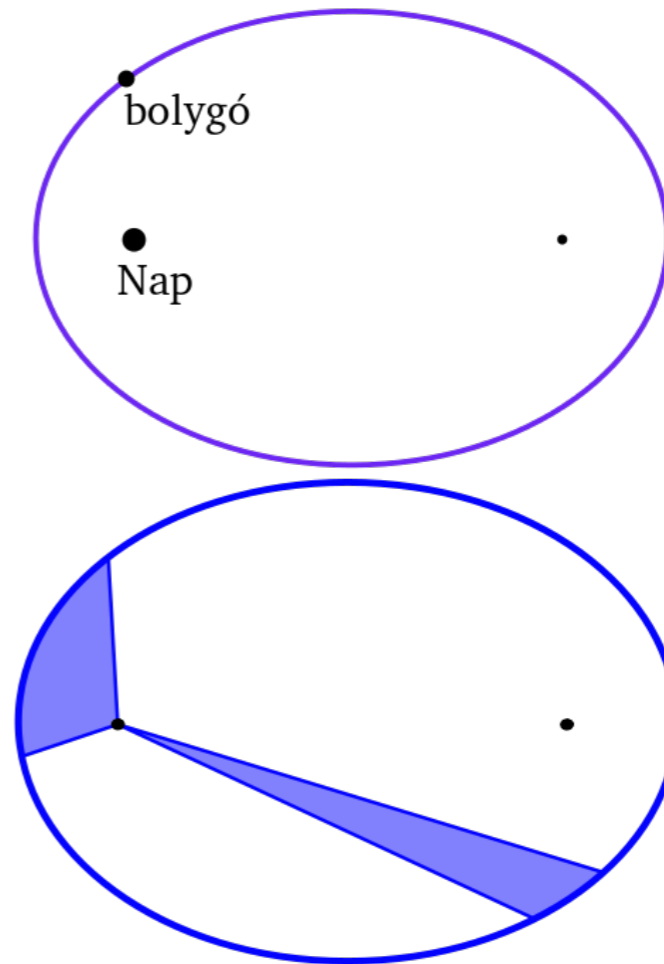
duca-

Johannes Kepler (1571-1630): Tycho Brahe pontos pozícióméréseire alapozva levezette/megsejtette a 3 Kepler-törvényt:

I. A bolygók ellipszis alakú pályán keringenek a Nap körül, amely ellipszis egyik fókuszpontjában a Nap áll. (1609, Astronomia Nova)

II. A bolygókhoz húzott vezérsugarak egyenlő idők alatt egyenlő felületeket sűrolnak. (1609, Astronomia Nova)

III. A bolygók keringési idejeinek négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint az ellipszispályák félnagy tengelyeinek a köbei. (1619, Harmonices Mundi)



(wikipédia)

$$3. \quad \frac{a^3}{p^2} = \frac{G(M_1 + M_2)}{4\pi^2} \approx \frac{G(M_0 + M_B)}{4\pi^2} \approx \frac{GM_0}{4\pi^2} = a^3$$

$$[a] = \text{CSE}$$

$$[p] = \text{év}$$

$$\frac{a^3}{p^2} = 1$$

$$a^3 = p^2$$

→ innenből egy a periódust megmérni és addóba a  $p^2/a^3$  feltételezés.

	év	CSE
Merkúr	0.241	0.387
Vénusz	0.615	0.723
Föld	1	1
Mars	1.881	1.524
Jupiter	11.858	5.200
Saturnus	29.424	9.531

Na de mekkora pontosan 1 Csillagászati Egység?

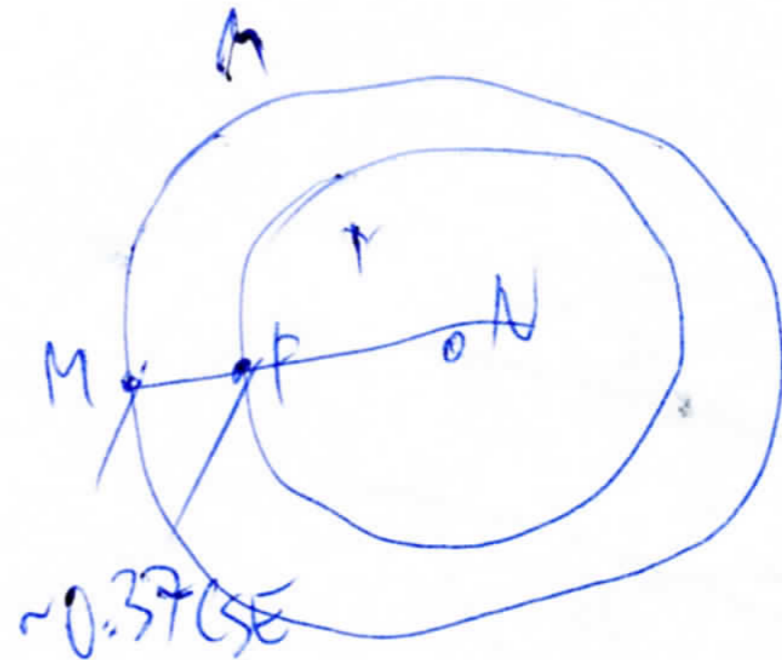
Bolygóparallaxisok: Kepler III-ból ismerjük CSE-ben a relatív távolságokat. Ötlet: mérjük meg a bolygók horizontális parallaxisát!

1672-es nagy Mars-oppozíció

G.D. Cassini (Párizs,  $48^{\circ}52'$ )

Jean Richer (1672. február-1673.  
augusztus, Cayenne,  $5^{\circ}$ )

Flamsteed (1672. okt. 6.,  
6h10m mérésorozat)





Flamsteed: 1672. Szt. 6, antleydör i napsi kött hárs-ponting 6<sup>h</sup> 10<sup>m</sup> időn

kereszt, A. v. H. v. d. H.  $\pi_{\text{Mars}} \leq 25'' \rightarrow \pi_0 \leq 10'' \rightarrow \rho_F$   
1 (SE)  $\approx 21000 R_F$

Cassini: 22000  $R_F$  - t. v. d. H.

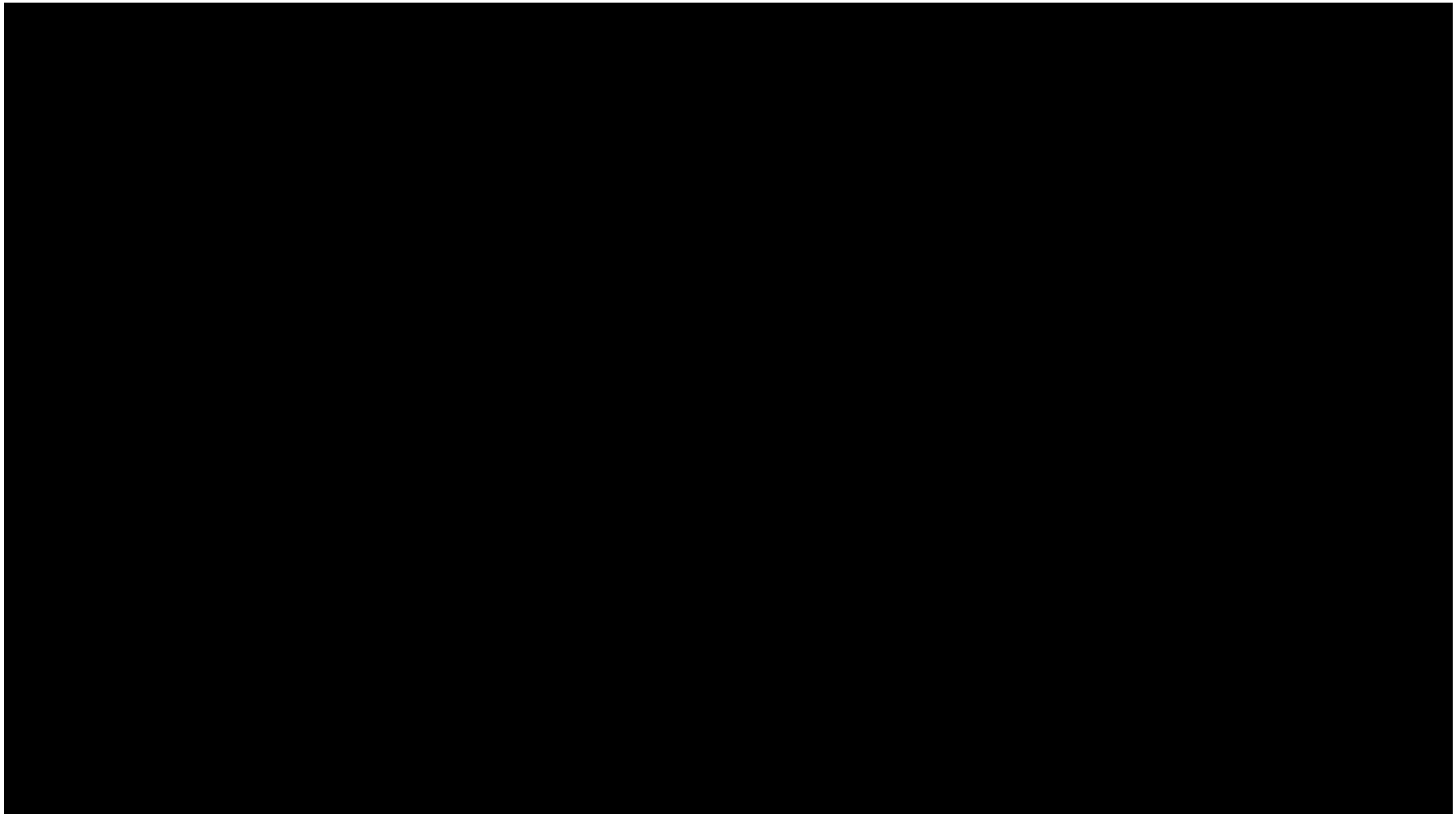
Kideresés: 1673 augusztus. Cassini észlelte  $\pi_{\text{Mars}} = 25''$

$$\pi_0 = 10''$$

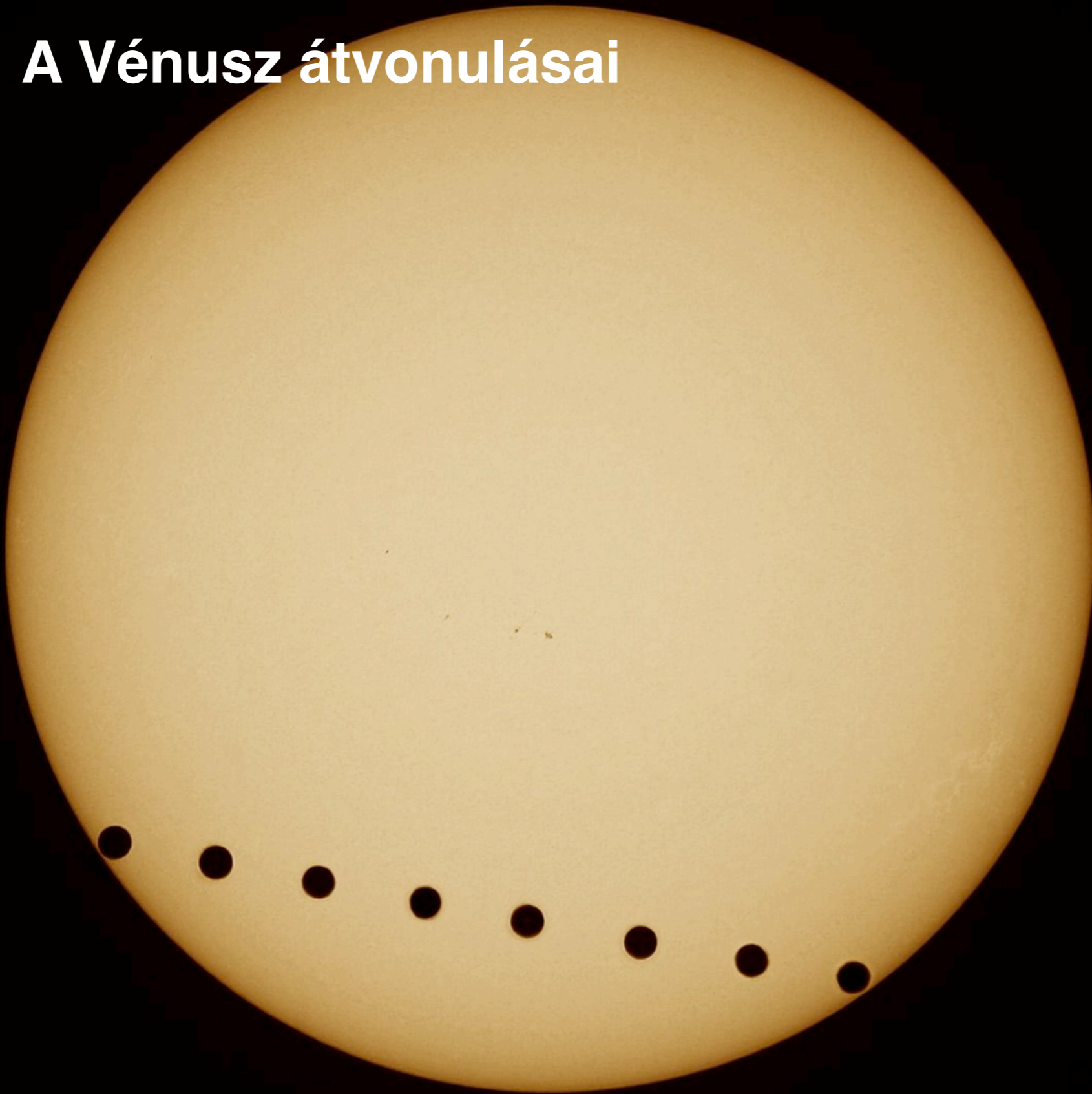
$$\rightarrow 1 (SE) = 21600 R_F \approx 140 \cdot 10^6 \text{ km}$$

Az ~~az~~ ismert Univerzum határai 20. századra tagult!

- Halley (1656-1742) kritikája: ne a Marsot, hanem a Vénuszt használjuk fel.  
Halley (1679): Vénusz-átvonulások 1761. jún. 6. és 1769. jún. 3. (n.b.: 2004+2012 - 2117+2125...)



# A Vénusz átvonulásai





**A Merkúr átvonulása: 2019. november 11.**































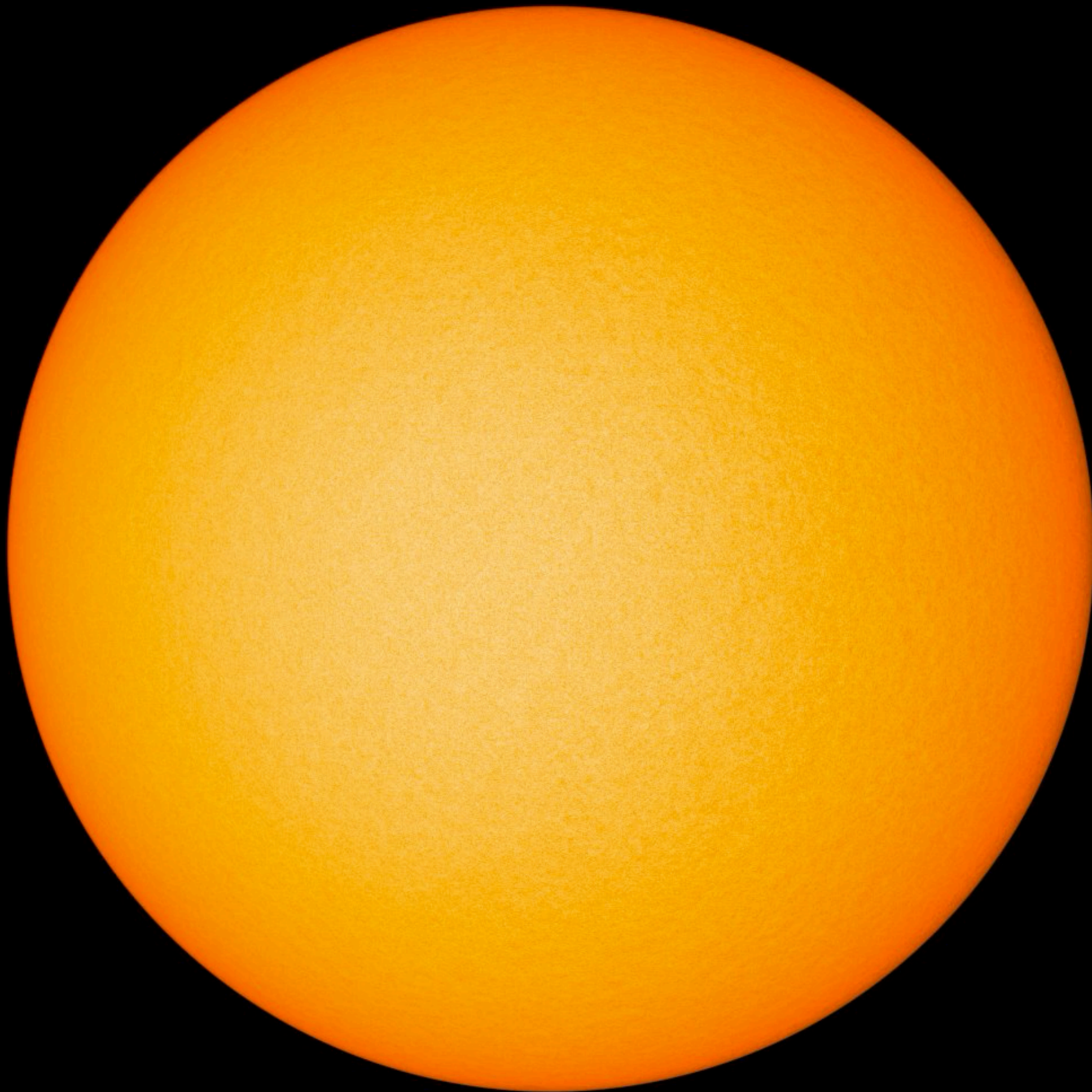
(Kuli Z.)

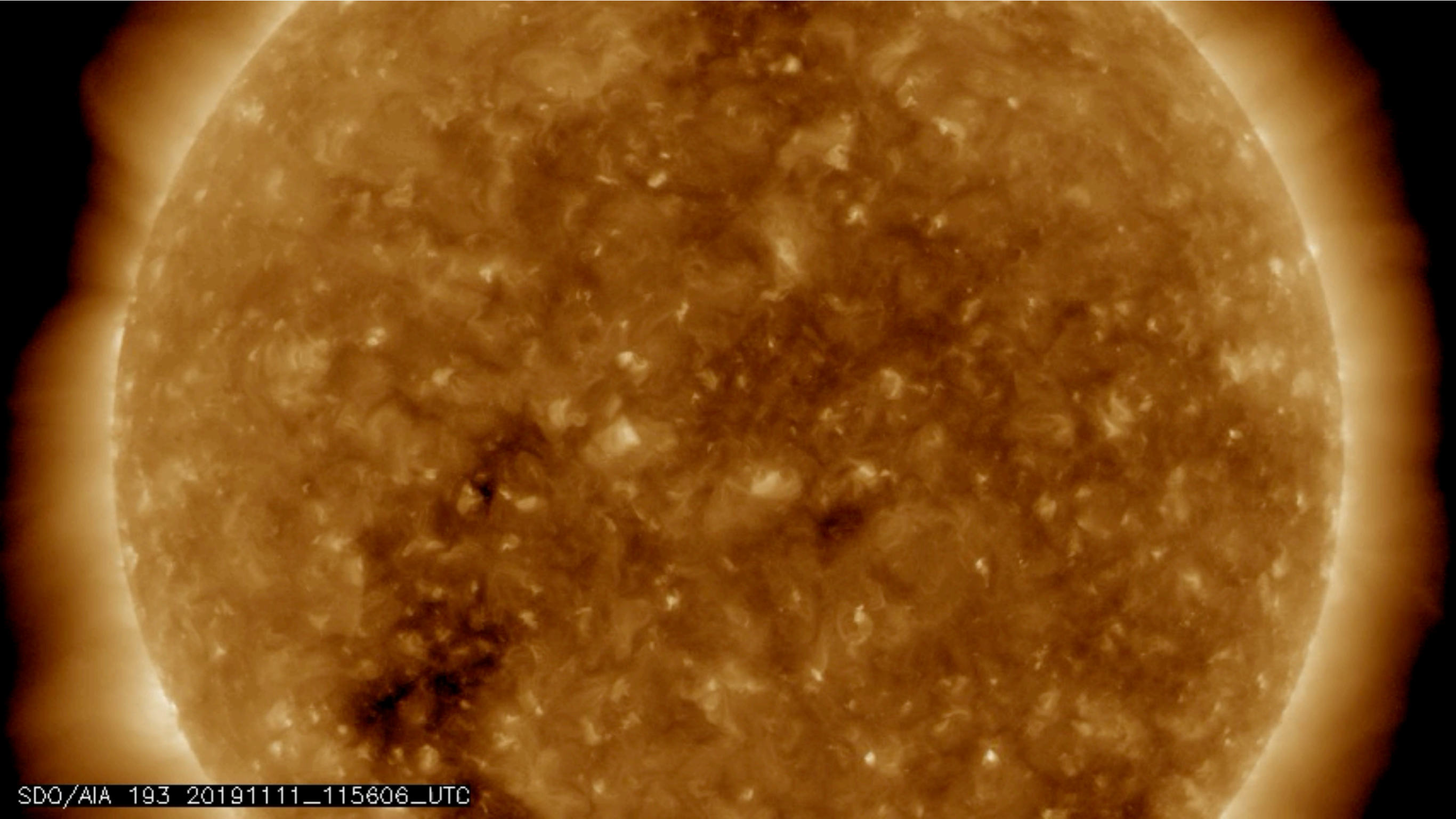
(Kuli Z.)



(Kuli Z.)

(Kuli Z.)



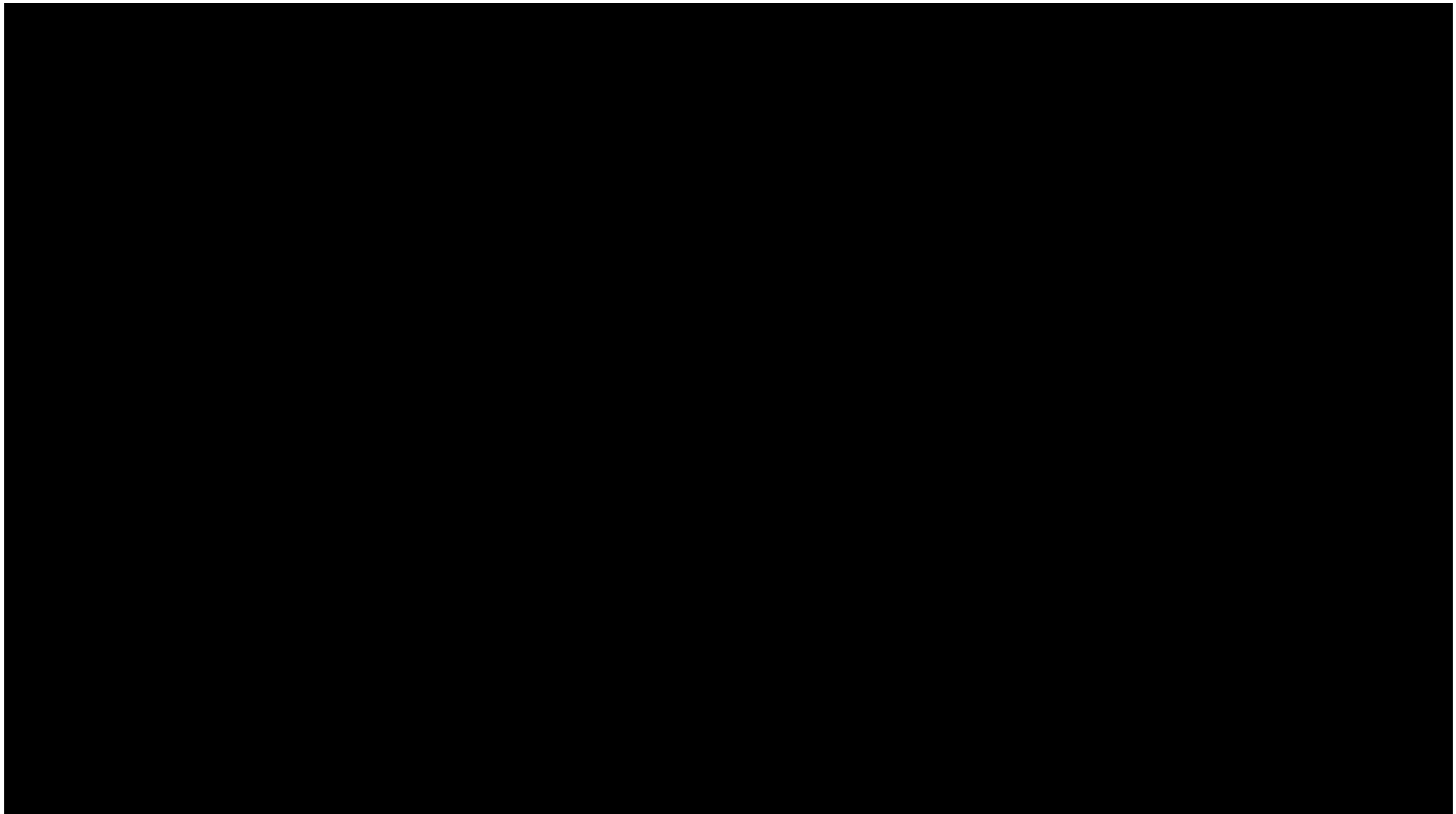


SDO/AIA 193 20191111\_115606.UTC



**A Merkúr átvonulása: 2032. november 13....**

- Halley (1656-1742) kritikája: ne a Marsot, hanem a Vénuszt használjuk fel.  
Halley (1679): Vénusz-átvonulások 1761. jún. 6. és 1769. jún. 3. (n.b.: 2004+2012 - 2117+2125...)





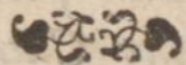
CATALOGUE  
DES ESTOILLES  
AUSTRALES.

OU  
SUPPLEMENT  
DU CATALOGUE  
DE TYCHO,

QUI MONTRE LES LONGITUDES  
& Latitudes des Estoilles fixes du Pole An-  
tarticque, lesquelles ont esté cachées à Tycho  
dans l'orison d'Uranibourg, calculées avec  
un soin tres-exact suivant leurs distances, &  
corrigées jusques à la fin de l'année 1677.  
Avec les observations faites en l'Isle de  
Sainte Helene au 15. degré 55. minutes de  
latitude australe, & 7. degré de longitude  
à l'Occident de Londres.

*Ouvrage jusques à present desiré des Astronomes,  
auquel l'on a adionsté un abregé des choses  
les plus curieuses de l'Astronomie.*

Par EDMOND HALLAI, du College  
Royal d'Oxford.



A PARIS,  
Chez JEAN BAPTISTE COIGNARD, Imprimeur  
du Roy, rue S. Jacques, à la Bible d'or.

M. DC. LXXIX.

Mercurii transitus sub Solis disco,  
Octob. 28. anno 1677. cum tenta-  
mine pro Solis Parallaxi.

*R*arum istud, & à mortalibus non nisi ter,  
( quod mihi scire contigit ) hactenus obser-  
vatum Phœnomenon transitus Mercurii sub  
Solis disco, mihi, in insula sancta Helena  
commoranti, feliciter observare, quam cui-  
vis alio Astronomo, contigit: Gassendus enim  
in transitu anni 1631. & in hoc nostro clarif-  
simus Gallet, exitum solum spectaverunt;  
ingressu huic sub densa nubium compagine,  
illi sub terra Orientali, latente, atque im-  
perfectius adhuc anno 1661. inclutus ille He-  
velius Gedani, & nostrates Londini, qui solo  
situ intra faciem solarem sumpto contenti  
erant: mihi primo & ingressus momenta ac-  
curatissimè conspecta sunt, idque peculiari &  
insolito Cali favore, erat enim nocte praece-  
dente Octobris vigesimum octavum cali facies

tristissima, cum vento valido, interdumque descendentibus nubibus densa nebula insula summitates obvelavit; luce reversa, vento licet paulo remissiore, idem mansit cali vultus; iuxta Solis ortum, ad instrumenta me contuli, languente iam omne spe observationis habenda, tuboque viginti quatuor pedum in plagam Solis verso, patienter expectavi, an per nubium aliquem hiatum conspici possit desideratissimus Phœbus: iuxta horam octavam nubes rarefcere cœperunt, ita ut 8 h. 36. m. Sole clare conspecto, Mercurium nondum intrasse pronunciaui; inde brevibus intervallis sæpius eluxit, ac sequentem habui observationem.

In insula sancta Helena anno 1677. stil. vet. A. M.

H.	M.	Sec.	
9.	20.	35.	Sol purus videbatur.

9.	26.	17.	Limbus Solis à Mercurio remeratus facta quasi denticula, decem grad. à Nadir Solis ad dextram circiter.
----	-----	-----	---

6.	27.	30.	Erat totus Mercurius in-
----	-----	-----	--------------------------

tra Solem efficiens angulum contactus.

Hinc visus est magis, magisque centro Solis appropinquare, usque in mediam decimam, cum rursus nubium densarum coalitus spectaculum ad eò jucundum oculis meis eripuit, ne iterum conspiciendum præbuit, antequam instaret hora secunda P. M. cum jam dissipatis nubibus, videbatur Mercurius brevi excessurus; itaque summa diligentia attendi ad momentum exitus, & deprehendi quod

H.	M.	Sec.	
2.	38.	39.	Distancia limbi proximi Mercurii à limbo Solis non excederet Mercurialem diametrum.
2.	40.	8.	Limbus Mercurii attigit Solis limbum.
2.	41.	0.	Centralis egressus 30. gr. circiter à Nadir ad dextram.
2.	41.	54.	Solis limbus inter factus.

Ita ut à centrali ingressu ad exitum, elapsa sunt 5. h 14. m. 20. sec. quod temporis spatium verissimum reputo, & ab omni exceptione liberum.

De latitudine Mercurii ad hæc momenta nihil ausim asserere, puncta à me assignata

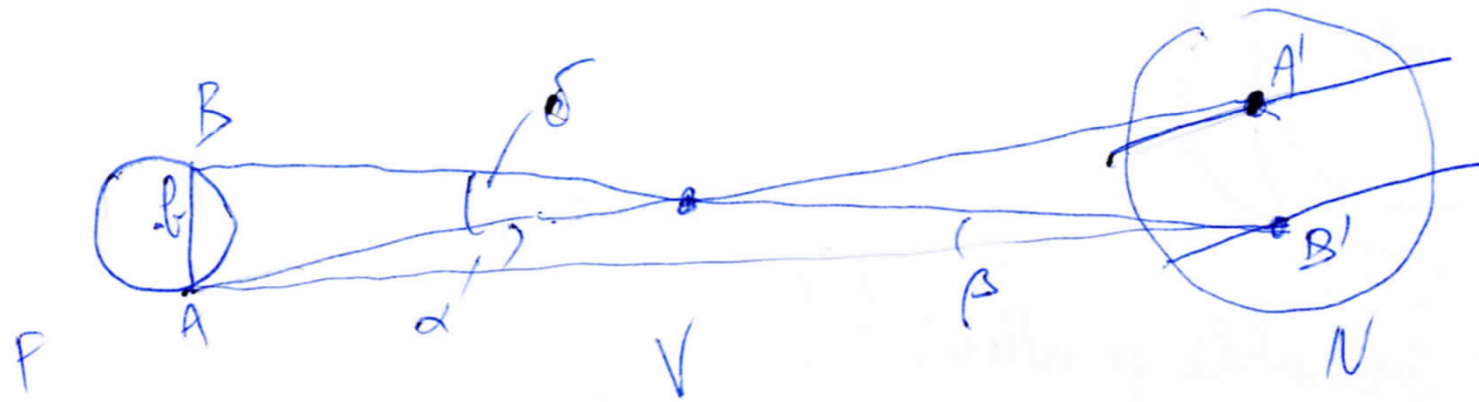
*Ex Parallaxi Martis Acronychi duplo ma-  
jori solarem deduci bene novi, est tamen iste  
processus valde lubricus, utpote nixus obser-  
vationibus distantiarum Planeta à fixis, ad  
quod negotium requiritur summa observa-  
toris diligentia cum Tubo longissimo & exacto  
Micrometro, quibuscum tamen vix scopum  
attinget.*

*Vnica manet observatio, cujus ope proble-  
ma de distantia Solis à terra, se Astonomis  
insequentis seculi solutum dabit, vix cum  
Veneris Stella, se in disco solari spectandam  
præbuerit, quod non accidet ante annum  
1761. Maij 26. St. Vet. Tunc etenim, si modo*

nuper explicato Parallaxis Veneris à Solo inquiratur, erit ea triplo fere major ipsa solaris, & observationes requisita sunt omnium facillima, ita ut ex hoc Phænomeno, quicquid mortalibus hac de re scire fas est cognitum erit.

Quod vero Parallaxis Solis tanta sit, plurimum precipuorum hujus ævi Astronomorum placitis adversari, me non latet: Solis tamen argumentis à probabili tam exigua ejus quantitas nititur; è quibus precipuum est D. Streetij, quo concludit esse inter 10. s. 20. s. dicit enim, si sit 10. s. tantum, tum foret stella Veneris major globo Terra, quod improbable est, cum Terra nacta sit Lunam, satellitem adeo insignem, testimonium dignitatis & magnitudinis præ Venere; deinde si sit 20 s. tum corpus Planetæ Mercurii minus esset corpore Lunari, sed non verisimile ait, Planetam primariam minorem esse secundario; Quinetiam Parallaxis Martis Acronychi instrumentis Tychonicis maximis non perceptibilis, nos suadere potest eam non excedere unum minutum, unde hæc Solis non esset major 25. minutis secundis, quam quidem vero proximam esse, omnibus cir-

Post annos tredecim Mercurius iterum conspicietur in Solis disco, Viz. anno 1690. Octob. 30. mane, introitus & conjunctio sub terra latebunt, exitus vero observari potest, modo faveat serenitas; deinde revertetur anno 1697, mense Octobri, ad nodum ascendentem; ad quem etiam novies intra Solem videbitur durante proximo seculo, annis scilicet 1710. 1713. 1736. 1743. 1756. 1769. 1776. 1782. 1789. & quatuor ad nodum alterum, mense Aprili, scilicet annis 1707. 1753. 1786. 1799. quorum omnium transituum calculum adjungere superfluum duxi. De annis me hic meminisse sufficiat; calculum subeant posteri, quibus correctiores erunt Tabulæ motuum, & quibus (nobis vita functis) hæc observanda dabit serior ætas.



$$d_{NF} = \frac{b}{\beta} \quad d_{FV} = \frac{b}{\sigma}$$

$$\left. \begin{aligned} \beta &= d_{FV} \cdot \frac{\sigma}{d_{NF}} \\ \alpha &= \frac{A'B'}{d_{NF}} = d_{VN} \cdot \frac{\sigma}{d_{NF}} \end{aligned} \right\} \beta = \alpha \cdot \left( \frac{d_{FV}}{d_{VN}} \right)$$

$$d_{NF} = \frac{b}{\alpha \left( \frac{d_{FV}}{d_{VN}} \right)}$$

pl. Kepler III-let:  $\frac{d_{FV}}{d_{VN}} = 0.383$

$$d_{NF} = \frac{b}{0.383\alpha}$$

- Halley tekintélye akkora volt, hogy 1742-es halála után 20 évvel később is még kormányok mozdultak meg az 1761-1769-es Vénusz-átvonulások megfigyelésének támogatására.

pl. James Cook, Tahiti, 1769.

Sajnovics János, Lappföld, 1769.

(Le Gentil 1761-1769)

Mérések: átvonulási idő. Pl. 1769. jún. 3.,

Lappföld: 5h53m14s; Tahiti: 5h30m40s.

Encke (1822, 1835):

$\pi_0 = 8.57'' \rightarrow$  (2.6%-kal nagyobb a valószínűség)

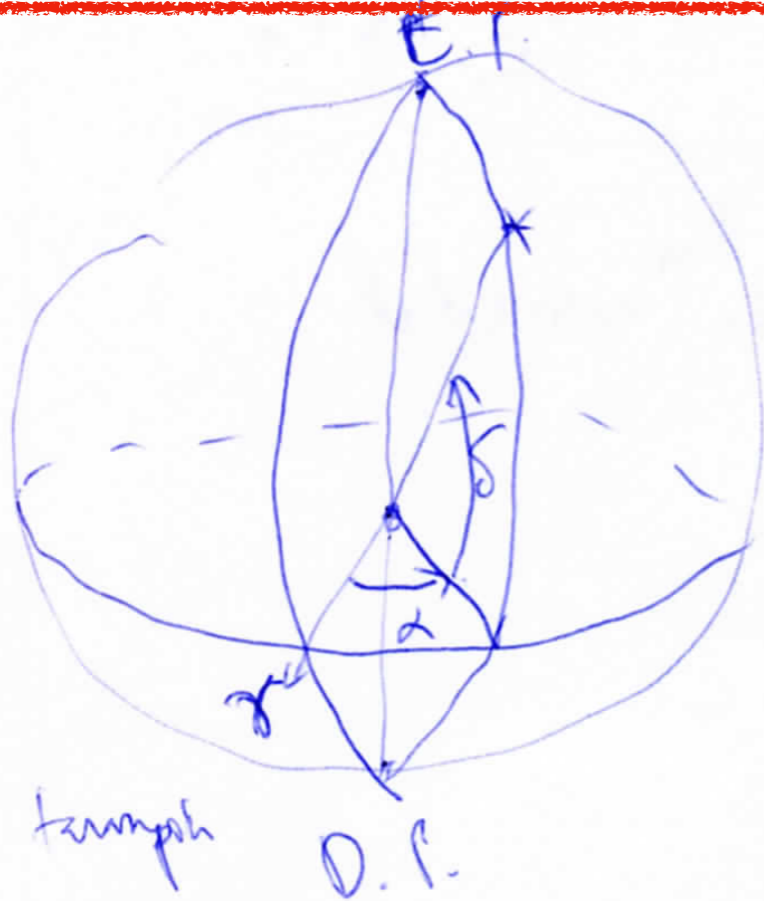
- Végső megoldás: (Földhöz közeli) kisbolygók  
1888-1889: három kisbolygó, 8,8" (a valóságban 8,794")  
1898: Eros kisbolygó felfedezése, 1931-ben szoros közelítés  
Spencer Jones (1940) 8,795+/-0,001".

Ezzel a Naprendszeret feltérképeztük, kiléphetünk a csillagok világába.

# Közeli csillagok - út a parallaxisig

Posíciós méréseket: az objektum távolságai

Ekvatoriális koordinátarendszer: objektum "helye", "helyzetének" + "deklínációjának"



$\alpha, \delta$ : objektum helye + ideje

< földrajzi szélesség és hosszúság és  
helyesség megfelelői

$\alpha$ :  $0^h \rightarrow 24^h$

$\delta$ :  $-90^\circ \rightarrow +90^\circ$

A koordináták lassan változnak idővel a precessió miatt: a távolságot tekintve

kb.  $50''$  / év sebességgel (☞ 26000 év alatt körkörös)

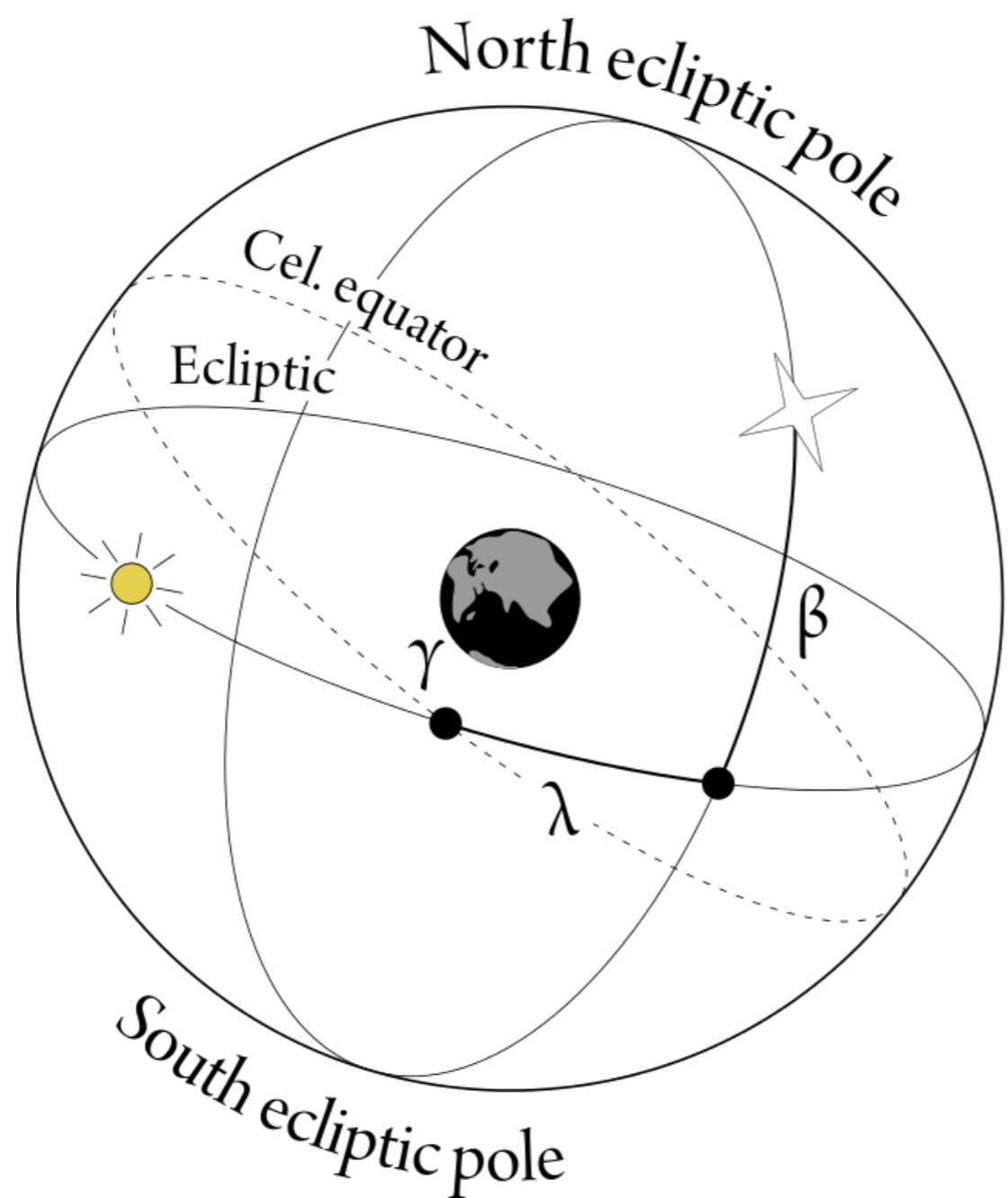


Öné  $\alpha(t); \delta(t)$  : precessió + idővel látni változói

Hasonlóan látnak az ekliptikai koordináták:  $\lambda, \beta$  - Föld pályáján.

Ekliptikai koordináták és ábrák.  $(\lambda, \beta)$

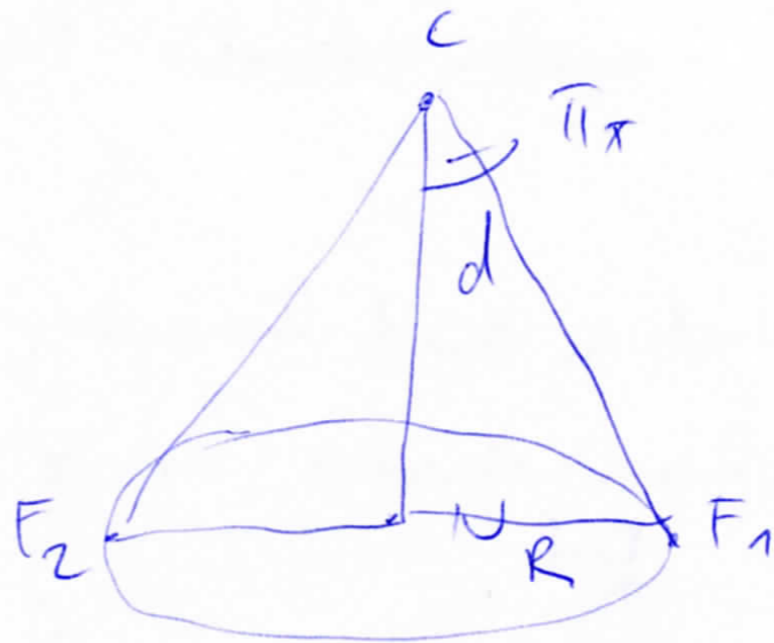
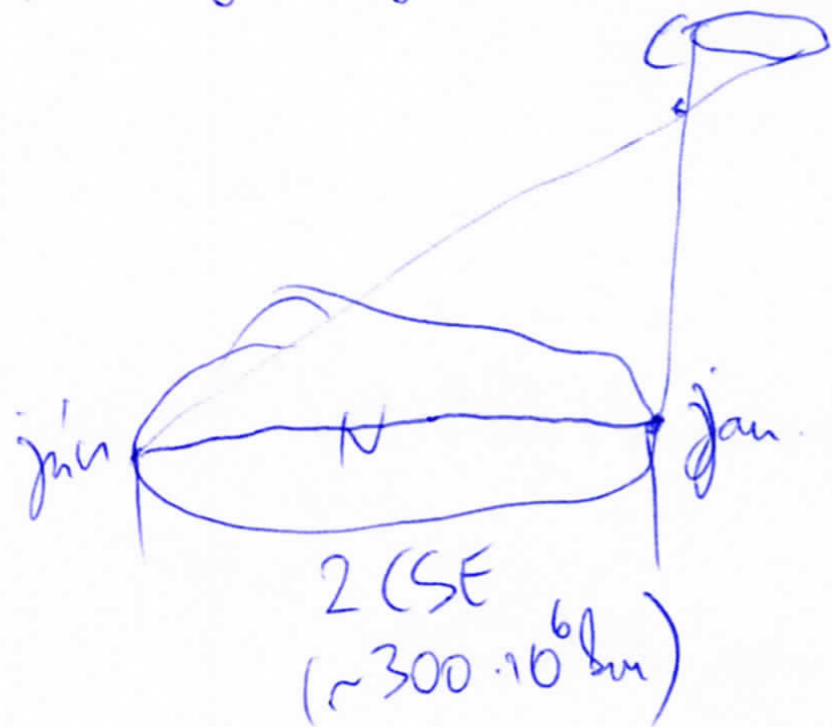
$(\lambda, \beta) \leftrightarrow (\alpha, \delta)$  görnyelt koordináták  
ábrák + idővel változó.



(wikipedia)

## 2 A paraboloides ellipticus

A csillagok regno valahol, de a föld 2 CSE-t elmozdult felb az alatt



Ha C az ecl: pólusán van: latvány „~~leírni~~ <sup>menteni</sup> ~~felj~~ <sup>felj</sup> mozdul el.

$$\sin \pi_* = \frac{R}{d} \quad R: \text{a földpólus sugara}$$

$$\pi_* \text{ kis szög, } [\pi_*] = '' ; 1 \text{ rad} = 206265''$$

$$\Rightarrow \pi_*'' = 206265 \frac{R}{d} \Rightarrow \text{trigonometrikus parallaxis v. tri parallaxis}$$

## Korai kísérletek parallaxismérésre

Kopernikusz, Kepler: mindketten azt hitték, hogy a csillagok azonos távolságra vannak ("csillagok égi szférája").

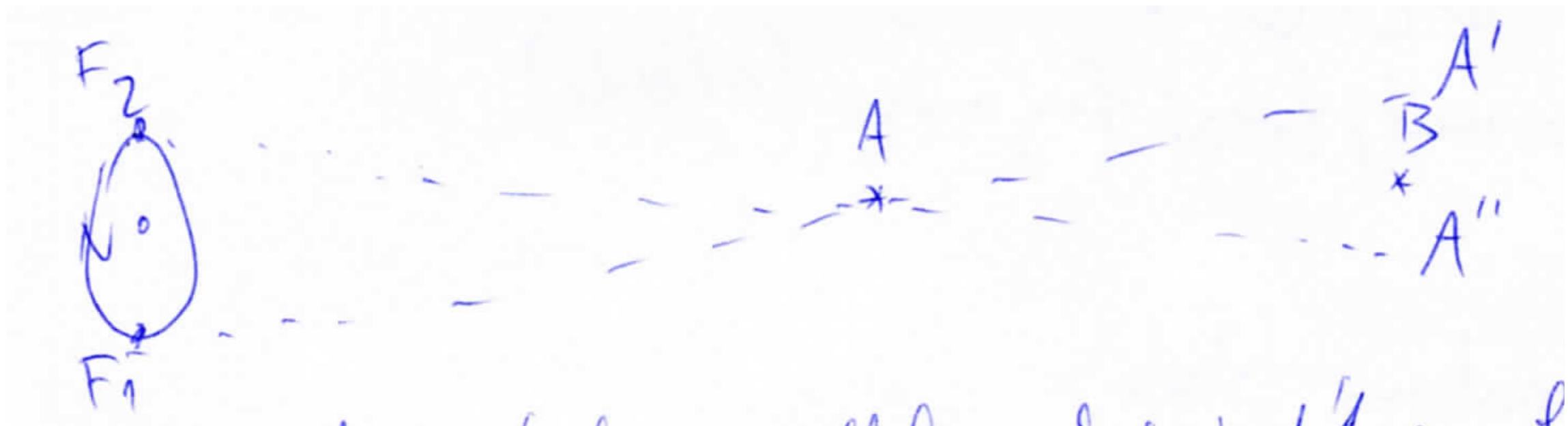
A teret egyenletesen kitöltő csillagok elképzelése:

Thomas Digges (1543-1595) (Kopernikuszt népszerűsítve)

Nicolaus Cusanus (1401-1464)

Giordano Bruno (1548-1600) "a csillagok távoli napok, számtalanul... hasonló bolygókkal, mint a Föld"

Galileo Galilei (1610 után): távcsővel sokkal több csillag látszik, mint szabad szemmel -> a halványabbak távolabbiak -> **differentiális parallaxis**



## Korai kísérletek parallaxismérésre (folyt.)

Robert Hooke (1669) - gamma Dra

Flamsteed (1712): 3000 csillag 10"-nél pontosabb koordinátákkal - kudarc mindkettő.

Elméleti próbálkozások

Christiaan Huygens (1626-1695; 1698: Cosmotheoros)

Túlyukon keresztül a Nap képét vetette össze a Sirius látszó fényességével (elmélet...).  $d_{\text{Sirius}} \sim 30$  ezer CSE.

Isaac Newton (1643-1727): Principia Naturalis (1687)

Sirius és Szaturnusz látszó fényességének egyenlőségéből és a Nap és a Sirius abszolút fényességének azonosságát feltételezve.

Newton:  $d_{\text{Sirius}} \geq 65000 \times d_{\text{Szaturnusz}}$  (valóságban 100 ezerszer)

$$d_{\text{Sirius}} \sim 8 \text{ CSE} \rightarrow d_{\text{Sirius}} \approx 800000 \text{ CSE!}$$

$$\rightarrow \pi_{\text{Sirius}} \approx 0.26'' \rightarrow \text{negyven kétszer nagy!}$$

## Korai kísérletek parallaxismérésre (folyt.)

Halley (1718): csillagok koordinátáinak ellenőrzése; négy fényes csillagra (Sirius, Arcturus, Betelgeuse, Aldebaran) nagy különbségeket talált  
-> felfedezte a **csillagok sajátmozgását**

Viszont: ha a teret a csillagok egyenletesen töltik ki, akkor a nagy sajátmozgás relatív közelséget sugall; érdemes ilyenekre megpróbálni kimérni a parallaxist.

1725-1728: Bradley - az **aberráció** felfedezése

-> fény sebességének újabb bizonyításán, mikor a helyzetet be kell dönteni a Föld mozgásának (~20"-es effektus)

$$\frac{v_{\text{Föld}}}{c} \text{ -vel arányos}$$

$$\frac{30}{300000} = \frac{1}{10000}$$

$$\frac{206265}{10000} \approx 20'' !$$

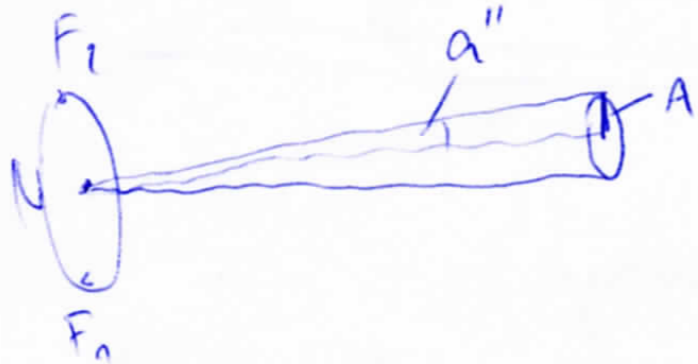
## Korai kísérletek parallaxismérésre (folyt.)

W. Herschel: differenciális parallaxist akart kimérni, helyette felfedezte a fizikai kettőscsillagokat (Castor A-B, Alcor-Mizar, stb.)  
- kapcsolódó fogalom a **dinamikai parallaxis** módszere

↳ dinamikai parallaxis módszere.

$M_1, M_2, T$  és  $a''$  alatt nevezetes egyenlet,  $a''$  a relatív pályájuk félhossza.  
Matematikailag meg a rendszer felületét!

Kepler III.:  $(M_1 + M_2) T^2 = A^3$



$$a'' = \frac{A}{d} = A \cdot \pi'' \quad \rightarrow \quad A = \frac{a''}{\pi''}$$

Kepler III-ka képlete:

$$\pi'' = \frac{a''}{[(M_1 + M_2) T^2]^{1/3}}$$

F. W. Bessel : 61 Lyg, 1837 - 1838

$$\pi_x \approx 0.31'' \pm 0.02''$$

Microm 61 Lyg: 1872 - ten Besselni uymatadan lyg  $\mu = 5''/yr$ ,  
 hurt korliut tall tenni.

For. G.  
 + Struve: Vega, 1835-1838; 1840  $0.125''$   
 $0.25''$

+ Thomas Henderson: 1833-1838: ~~1836~~  
 $d$  len;  $1.16'' \pm 0.11''$   
 $\downarrow$   
 modern:  $0.742$

1840; kelen pulldat s fipeller uvis.

Pand:  $d = \frac{1}{\pi''}$

Reyev:  $1pc = 3.26$  feyev

