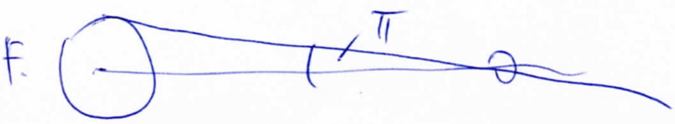
2. előadás innen indul!

Hipparkhosz (i.e. 190-120)

- az asztronómia megalapozója
- első csillagkatalógus
  precesszió felfedezője

Első parallaxismérés végrehajtója.

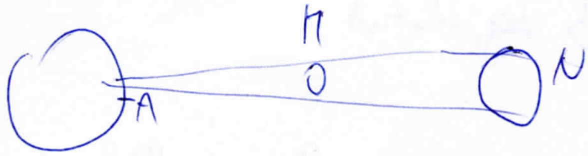
Naprendszerben: horizontális parallaxis: a látószögbeli különbség a Föld pólusáról és egyenlítőjéről megfigyelve.

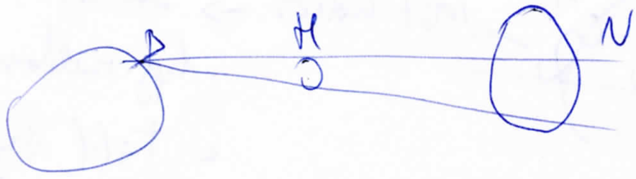


Természetesen nem kell az északi sarkra és az egyenlítőre észlelőket küldeni.

i.e. 189. márc. 14.

Hellészpontoszban teljes napfogyatkozás
Alexandriában részleges → a Hold a napkorong 4/5 részét takarta.

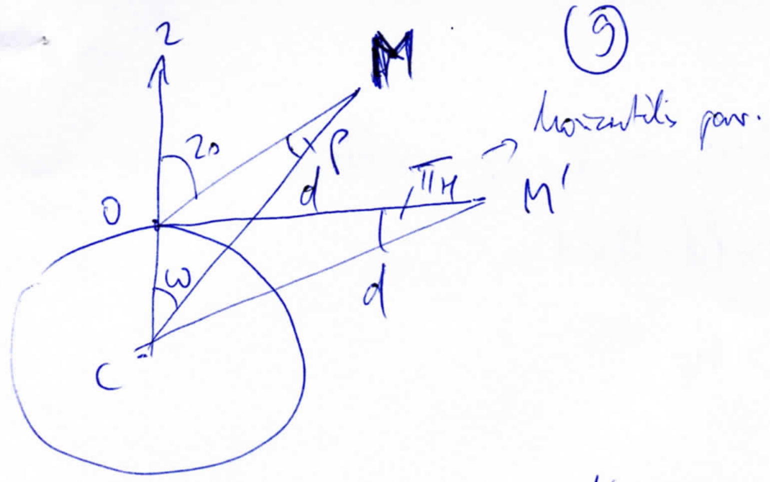




Hipp. megmérte a Hold átlagos átmérőjét: 33'15".

1/5 → 6'40" → ez a Hold parallaxisa

Hellészp. és Alex. között
41°   31° szélességen.



d - geocentrikus távolság ; z_0 - zenittávolság

OMC $\angle \to p$ $\qquad \Delta OCM$:

OC - R_F

$$\frac{\sin p}{R_F} = \frac{\sin(180^\circ - z_0)}{d}$$

$$\Rightarrow \sin p = \frac{R_F}{d} \sin z_0$$

Hold bel: $z_0 = 90^\circ$

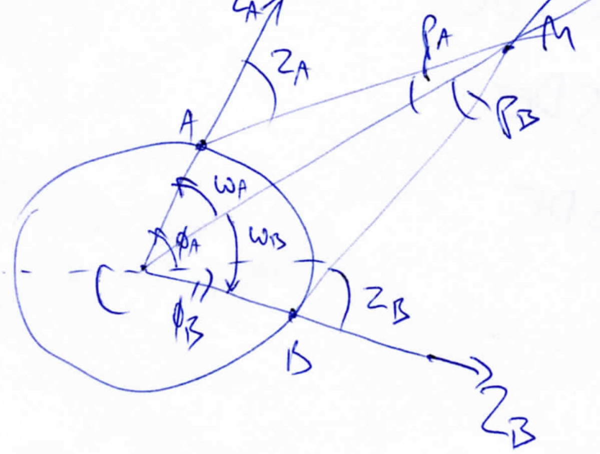
$\angle COM' = 90^\circ$ $\qquad \sin \pi_H = \frac{R_F}{d}$

$CM' = d$

$$\sin p = \sin \pi_H \cdot \sin z_0$$

kis szög: $\quad p = \pi_H \cdot \sin z_0$

Szimultán észlelés A, B pontból (azonos hosszúság, de különböző szélesség)



$$p_A = z_A - \omega_A \; ; \; p_B = z_B - \omega_B$$

$$p_A + p_B = z_A + z_B - (\omega_A + \omega_B)$$

$$\omega_A + \omega_B = \phi_A + |\phi_B|$$

$$p_A + p_B = z_A + z_B - (\phi_A + |\phi_B|)$$

$$p_A + p_B = \pi_H (\sin z_A + \sin z_B)$$

ϕ_A, ϕ_B: szélesség

$$\Downarrow$$

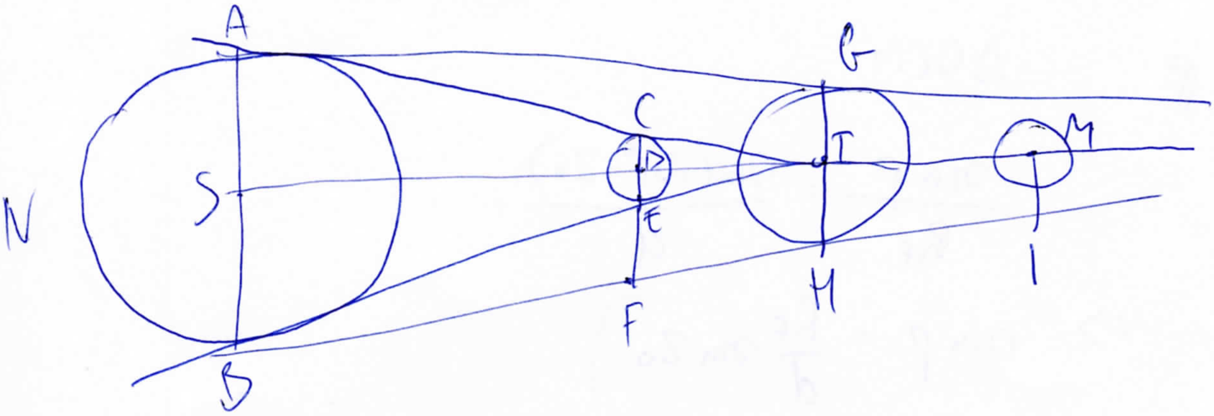
$$\pi_H = \frac{z_A + z_B - (\phi_A + |\phi_B|)}{\sin z_A + \sin z_B}$$

minden mérhető!

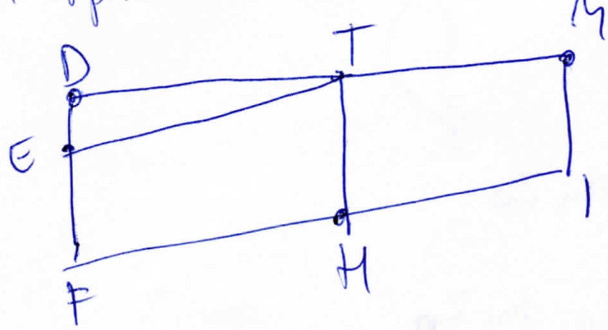
Hold horizontális parallaxisa megmérhető → R_F ismeretében abszolút távolságot kapunk Föld-Hold$_K$

~~→ [illegible]~~ Hipp: 71-83 R_F

Pontosítása fogyatkozásokkal!



DFIM trapezoidra:



$$MI + DF = 2TH \rightarrow DF = 2TH - MI$$

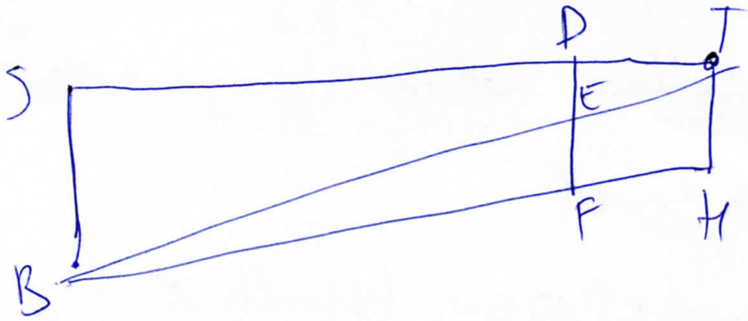
Holdfogyatkozások méréséből tudjuk: $MI = 2.5DE$

$$DF = 2TH - 2.5DE$$

$$EF = DF - DE \rightarrow EF = 2TH - 3.5DE$$

Ezek után felírható

SBHT-t



$$\frac{TH}{EF} = \frac{TB}{EB} \; ; \quad \frac{TB}{EB} = \frac{TS}{DS} \quad \Rightarrow \quad \frac{TH}{EF} = \frac{TS}{DS}$$

$$DS = TS - TD$$

$$\Rightarrow \quad \frac{TH}{EF} = \frac{TS}{TS-TD} \quad \rightarrow \quad TD = \frac{TS(TH-EF)}{TH}$$

EF felírható:

$$TD = \frac{TS(TH-2TH+3.5DE)}{TH} = \frac{TS(3.5DE-TH)}{TH}$$

DE: a Hold sugara, Hipp. mérései szerint $\frac{1}{1300}$ a pályakerületnek

$$DE = \frac{2\pi\, TD}{1300}$$

$$TD = TS\left(\frac{\frac{7\pi\, TD}{1300} - TH}{TH}\right) \quad \rightarrow \quad TD = \frac{TS}{\frac{7\pi}{1300}\frac{TS}{TH} - 1}$$

Ha $R_F = TH = 1$

$$TD = \frac{TS}{\frac{7\pi}{1300}TS - 1}$$

$$\boxed{\frac{384000}{6378} = 60.21}$$

Mit feltételezünk fel TS-re?

Hipp. különböző értékeket vett és kiszámolta a Föld-Hold távolságot.

Végtelen nappal a Hold 59 R_F-re van. 490 R_F naptól 67.3 R_F távolság.

Jelenleg Hold távolsága ~ 60-67 R_F

Hipp. nagyon pontos Föld-Hold távolságot kapott, de a Napig nem tudott eljutni. A lunáris dichotómia módszere nagyon pontatlan!

Aztán jött Ptolemaiosz és elb. az egészet...

Geocentrikus világképet alkotott, amivel a 1400 évig lefojtotta a tudomány fejlődését.

Deferensek és epiciklusok

Égitest	távolság (Rf)
Hold	48
Merkúr	115
Vénusz	623
Nap	1210
Mars	5040
Jupiter	11503
Szaturnusz	17026
Csillagok	20000

Pl. a fogyatkozás módszerét fordítva használta: megbecsülte a Hold távolságát és abból számította a Napét.

Bevezetés a csillagászatba IV, 2. előadás (1)

Naprendszer felfedezés:

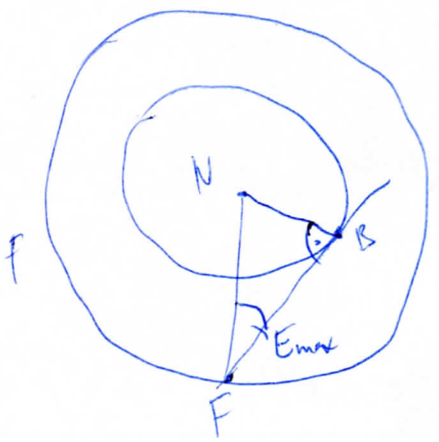
1. Kopernikusz, Tycho Brahe, Kepler

Heliocentrikus modell, körpályák.

DE: Kopernikusznál több epiciklus volt, mint Ptolemaiosznál!

Belső bolygók, külső bolygók fogalma.

Maximális elongáció módszere: Ha bevezetjük a csillagászati egység fogalmát, Merkúrra és Vénuszra működik



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

Pl. Vénusz a mérhető legnagyobb elongáció $46°18'$ → $NV = \sin 46°18' = 0.723$ CSE

Köv. Külső bolygókra bonyolultabb geometriai megfontolásokkal határozható meg

Merkúr	0.38	Kopernikusz
Vénusz	0.72	
Föld	1	
Mars	1.52	
Jupiter	5.22	
Szaturnusz	9.17	

+ Kopernikusz felismerte az éves parallaxis jelenségét is. Mivel a csillagokon nem volt „kimérhető" – nagyon messze vannak

Tycho Brahe (1546-1601)

Sz. neves megfigyelő, 1.-ként lemérte a pozíciócsillagászati hibáját.

1572: megjelenik a Cass csillagképben, nem mérhető parallaxis →
a csillagok világa változik.

1.-ként mérte par. → csillagoknak legalább $7.85 \cdot 10^6 \, R_F$ távolságban kell lenniük.

Tycho számára ez ~~[illegible]~~ felfoghatatlan volt.

Kepler: Tycho Brahe precíz méréseire alapozva levezette/megalkotta a
3 Kepler-törvényt

1. Ellipszis pálya, egyik fókuszában a Nap
2. A Naptól húzott vezérsugarak egyenlő idők alatt egyenlő területeket súrolnak.
3. $$\frac{a^3}{P^2} = \frac{G(M_1+M_2)}{4\pi^2} = \frac{G(M_\odot+M_B)}{4\pi^2} \approx \frac{GM_\odot}{4\pi^2} = \text{áll.}$$

$[a] = \text{CSE}$ $\qquad \frac{a^3}{P^2} = 1$

$[P] = \text{év}$

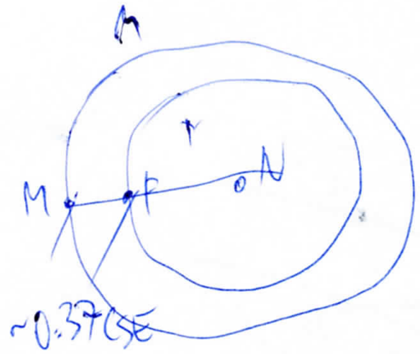
$a^3 = P^2$

→ innentől elég a periódust megmérni és adódik a pálya félnagytengelye.

	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
Szaturnusz	29.424	9.531

Ma cél: mérhető pontosan 1 Csillagászati Egység?

Bolygóparallaxisok: Kepler III.-ból tudjuk a CSE-ben relatív távolságot



Mérjük meg a bolygó horizontális parallaxisát!

1672-es Mars-oppozíció: Cassini Párizs (48°52')

Jean Richer Cayenne (5°)

(1672. 02. 08. indulás)

Flamsteed: 1672. okt. 6., csillagokhoz viszonyított Mars-pozíciók 6h10m időn keresztül. A vett különbségből $\Pi_{Mars} \lesssim 25''$ → $\Pi_\odot < 10''$ → R_F

1 CSE > 21000 R_F

Cassini: 22 000 R_F-t mért

Richer adatai: 1673 augusztus. Cassini elemzése $\Pi_{Ma} = 25''$

$\Pi_\odot = 10''$

→ 1 CSE = 21600 R_F ≈ $140 \cdot 10^6$ km

Az ~~ism~~ ismert Univerzum hirtelen 20-szorosára tágult!

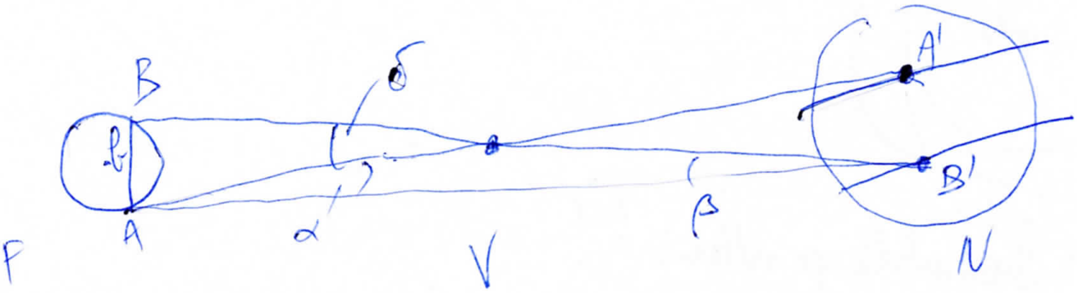
4

Halley taktikája: ne a Marsot, hanem a Vénuszt használjuk fel.

Vénusz-átvonulás: 1679-ben Halley megfigyelte, így a köv.

két Vénusz-átvonulás 1761 jún. 6. és 1769. júl. 3..

(2004 + 2012!)



$$d_{NF} = \frac{b}{\beta} \qquad d_{FV} = \frac{b}{\delta}$$

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

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

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

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

Ha tudjuk b-t és megmérjük α-t → megvan a Nap parallaxisa!

Halley javasolta 1716-ban, de halála után még 20 évvel is elég felületes volt a bemutatás megvalósítása.

1769. jún. 3.
Pl. észak-fok
$5^h 53^m 14^s$
Tahiti $5^h 30^m 40^s$
Nap lemeze: 32', ezt kb. 8 óra alatt teszi meg.
$D = 13400$ km
Messze a 1 CSE?

James Cook, Tahiti, 1769.

Lappföld, Sajnovics János

(Le Gentil, 1760–69 között a Fülöp-szigeteken)

Időmérésre redukált α-mérés. Fekete csepp-jelenség.

Encke (1827, majd 1835) alapján kiszámolta a [illegible].

$\pi_0 = 8.''57$ → (2.6%-kal nagyobb a valóságosnál)

David Gill (1843–1914) → Mars parallaxis 1877-ben → nem jó, a korong túl nagy a pontos asztrometriához!

→ megoldás: kisbolygók.

1888–1889: három kisbolygó → 8.8'' (valójában: 8.794'')

1898: Eros kisbolygó felfedezése → 1931-ben mindössze ≯ 20 millió km

Ennek → $8.''790 \pm 0.001''$ (Spencer Jones, 1941)

Ezzel a Naprendszert lényegében felfedeztük, a léptéket helyre raktuk.

Kiléphetünk a csillagok világába..