Csillagászattörténet, szérikus csillagászat, időszámítás

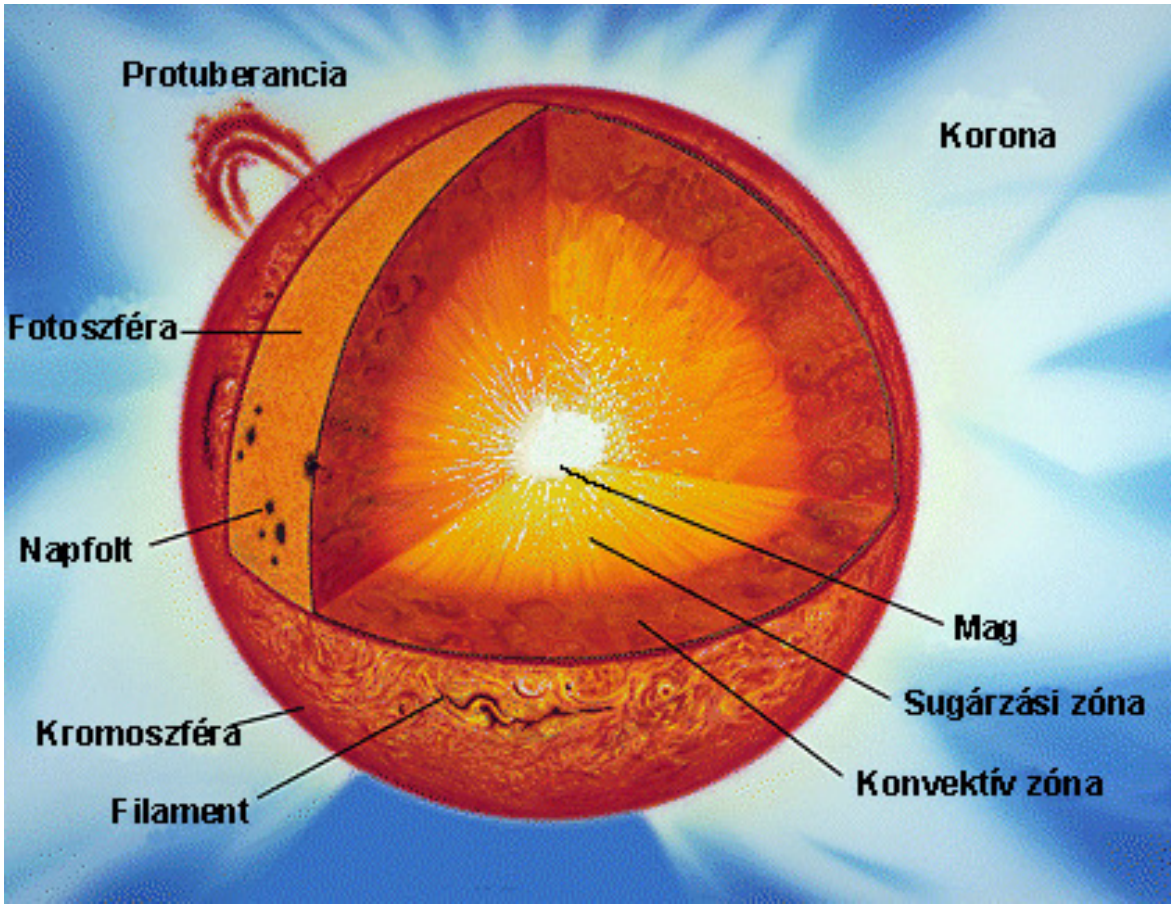
Bevezetés a csillagászatba 1.

Muraközy Judit

Debreceni Egyetem, TTK

2026. 09. 16.

Nap – Hold – Föld Naprendszer



saját energiatermelés
napciklus (11 év)
napfoltok, napszél, flerek, CME-k

Nap – Hold – Föld Naprendszer



(astro.u-szeged.hu)

nincs saját energiatermelés
Föld körüli keringés
kötött keringés

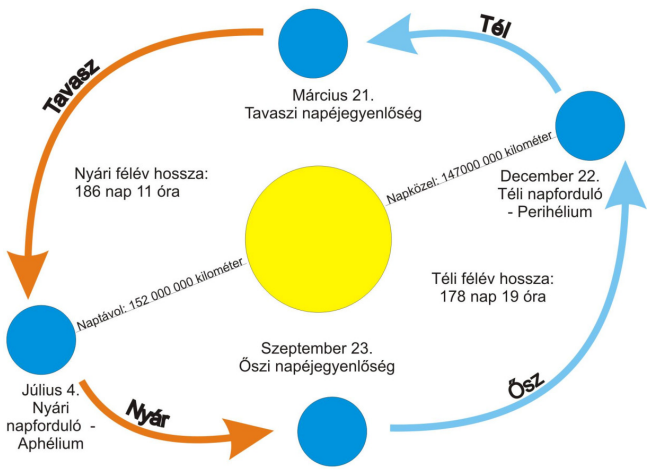
Nap – Hold – Föld

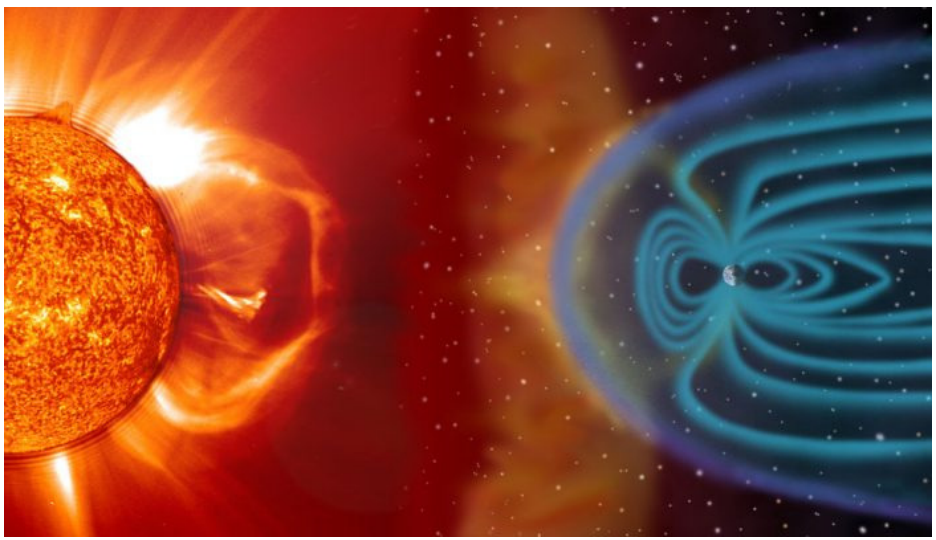
Naprendszer



(astro.u-szeged.hu)

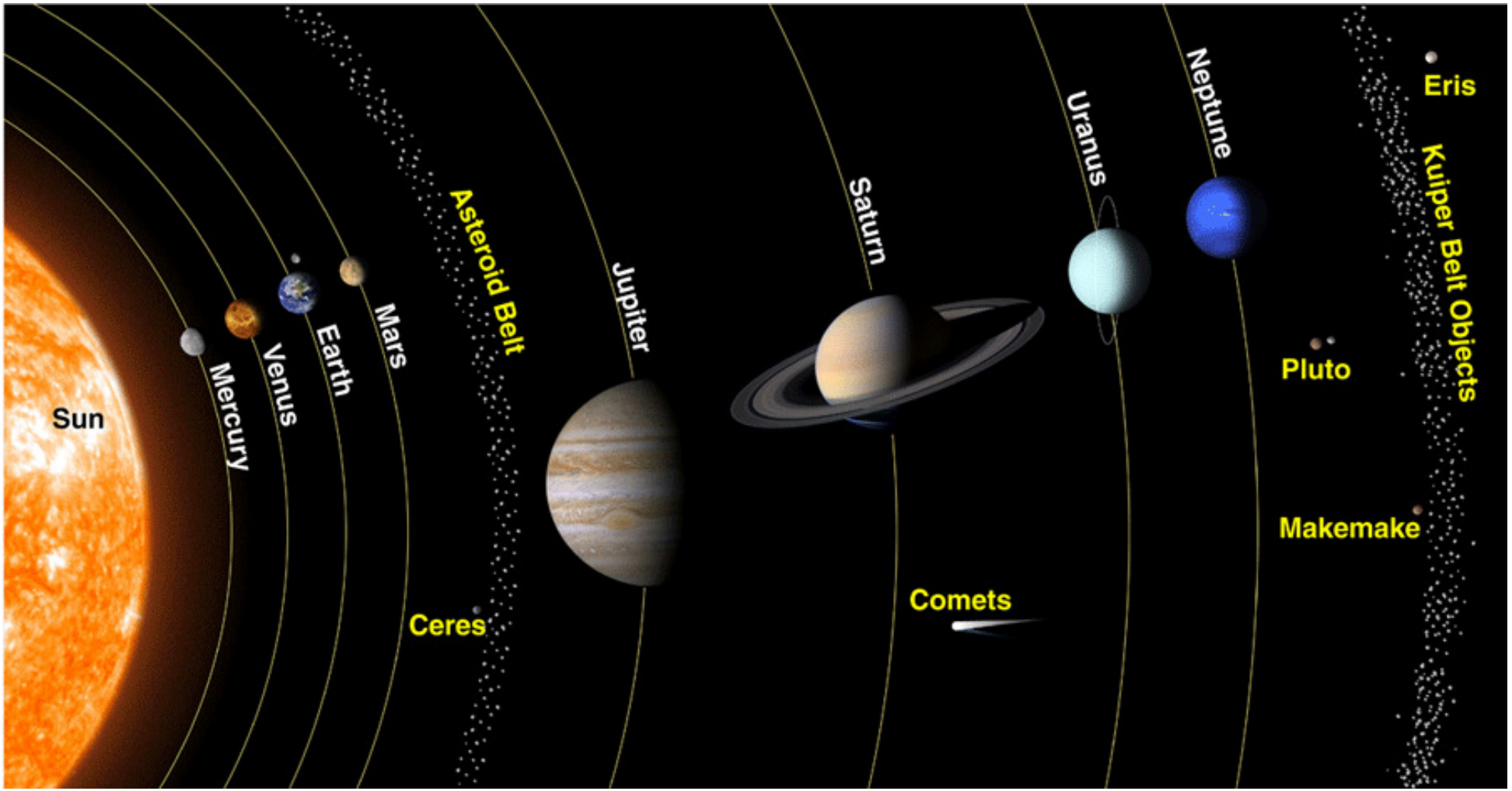
a lakható zónában
bolygó
óceánok, kontinensek
tengelyferdeség (évszakok változása)
mágneses tér



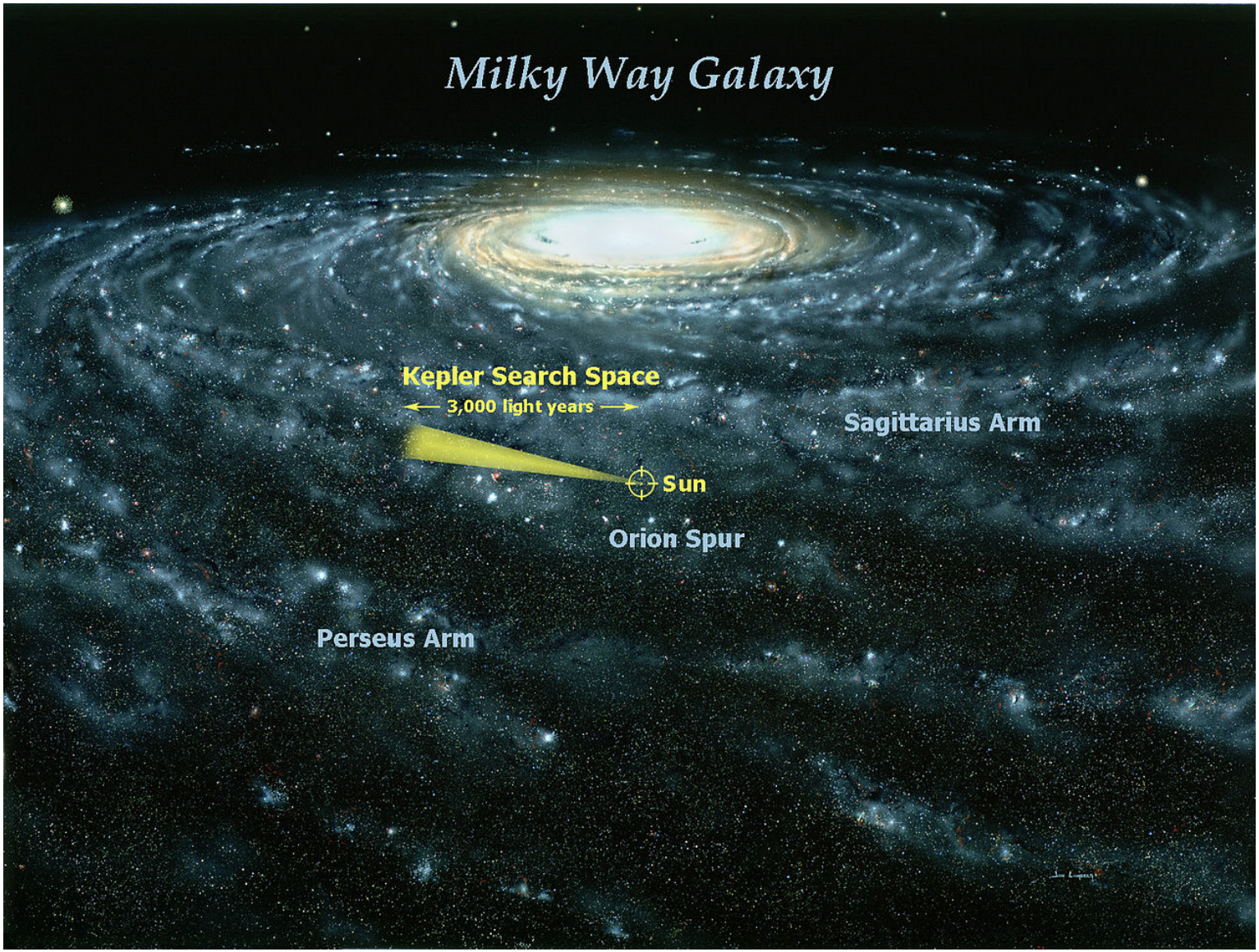


(NASA)

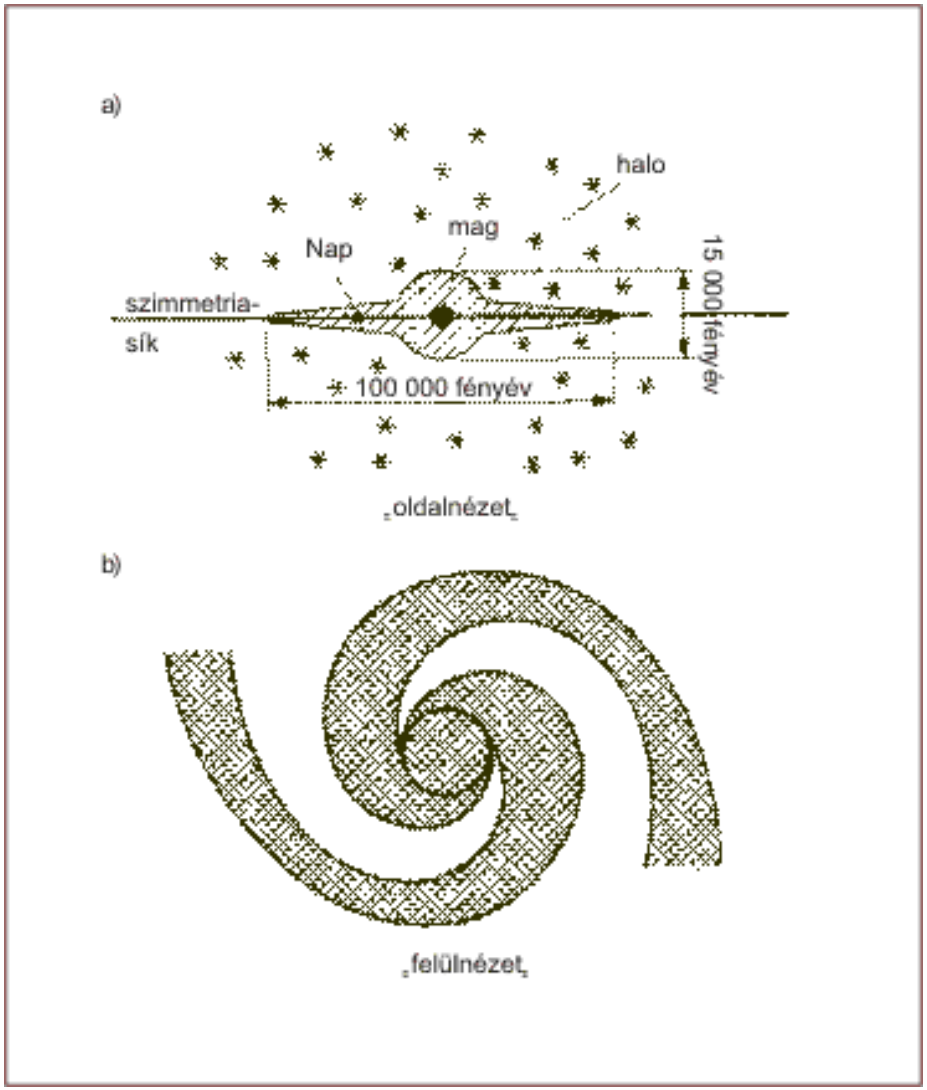
Naprendszer



Naprendszer – Tejút



Tejút


a)
halo
mag
Nap
szimmetria-
sík
15 000 fényév
100 000 fényév
„oldalnézet"
b)
„felülnézet"



Miről lesz szó a mai órán?

Történet, szférikus csillagászat, időszámítás

Történet:
Ókor – Babilon, Egyiptom, Kína, görögök (Arisztarchosz, Eratosztenész, Ptolemaiosz),
Középkor – Kopernikusz, Tycho, Kepler, Galilei, Newton.

Szférikus csillagászat:
Égi koordináta-rendszerek - horizontális, ekvatoriális, ekliptikai, galaktikus (hosszúságok és szélességek definíciói). A Nap látszó mozgása

Időszámítás:
csillagidő, Nap-idő, középidő (időegyenleg), polgári idő, világidő, zónaidő, dekretális idő, dátumválasztó. Naptár, szökőnapok, Júlián-dátum

Miről lesz szó a mai órán?

Történet, szférikus csillagászat, időszámítás

Történet:
Ókor – Babilon, Egyiptom, Kína, görögök (Arisztarchosz, Eratosztenész, Ptolemaiosz),
Középkor – Kopernikusz, Tycho, Kepler, Galilei, Newton.

Szférikus csillagászat:
Égi koordináta-rendszerek - horizontális, ekvatoriális, ekliptikai, galaktikus (hosszúságok és szélességek definíciói). A Nap látszó mozgása

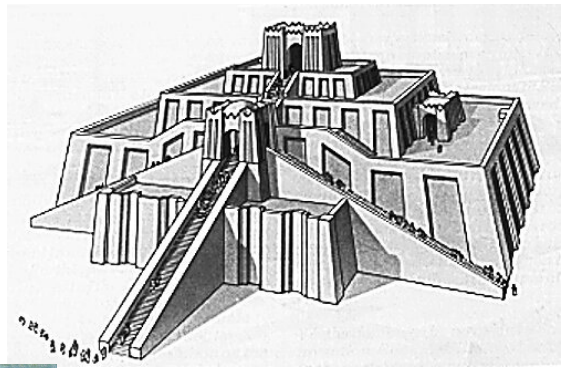
Időszámítás:
csillagidő, Nap-idő, középidő (időegyenleg), polgári idő, világidő, zónaidő, dekretális idő, dátumválasztó. Naptár, szökőnapok, Júlián-dátum

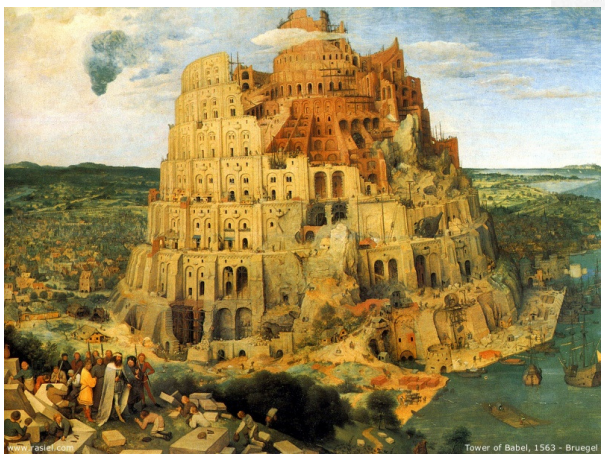
Babilónia

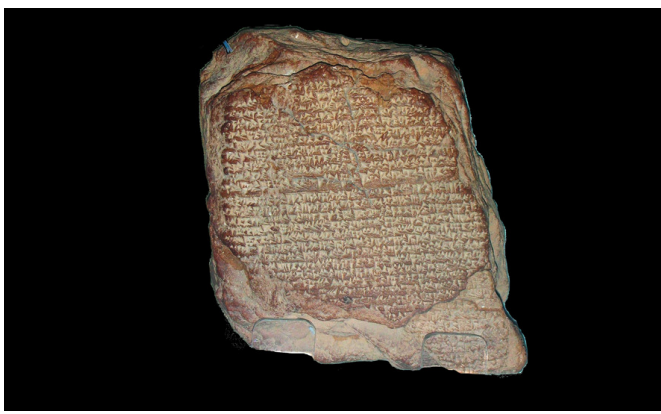
- – kb. Kr.e. 2000-ből agyagtáblák: bolygó együttállások – földi folyamatok
- – megfigyelték: nap- és holdfogyatkozások (szárosz ciklus), csillagképek (12 állatövi jegy), bolygó mozgások
- – lépcsős templomok, zikkurátok az istenségeknek (pl. Marduknak=Jupiter – Bábel tornya, Nap, Hold)
- – időszámításnál a Hold mozgásra alapoztak: évente 12 harminc napos hónap, a szoláris évhez való csatlakozáshoz 19 évente 7 szökőhónapot iktattak be (12 rendes év, 7 év +1 hónappal= luniszoláris év)
- – a nap kezdete: napnyugta, a napot 24 órára osztották



Nebrai korong: 32 cm átmérőjű bronz korong arany csillagokkal és Hold ábrázolással.







Közép-Amerika – Maják







- – megfigyelték: bolygók keringésideje, fogyatkozások periodicitása
- – 365 napos év: 18 db. 20 napos hónap + 1 db. 5 napos szökőhónap (szerencsétlenség hónapja; vallási szertartásokkal próbálták elűzni a rosszat)
- – Kin – nap
  Vinál – hónap (= 20 nap)
  Tun – maja év (= 18 vinál = 18×20 = 360 nap)
  Katun – 20 maja év (= 20×360 = 7200 nap)
  Baktun – 400 maja év (= 20×7200 nap = 144 000 nap)
  Pictun – 8000 maja év (= 20 baktun = 2 880 000 nap)
  Calabtun – 160 000 maja év (= 20 pictun = 57 600 000 nap)
  Kinchiltun – 3 200 000 maja év (= 20 calabtun = 1 152 000 000 nap)
  Alautun – 64 millió maja év (= 20 kinchiltun = 23 040 000 000 nap)"

Közép-Amerika – Maják



Drezdai-kódex (Drezdai Királyi Könyvtár)
Főként csillagászati (időszámítás, bolygók fázisai) megfigyelések fakéregből készült papírszerű anyagon.

Közép-Amerika – Inkák



A Nap temploma Machu Picchuban



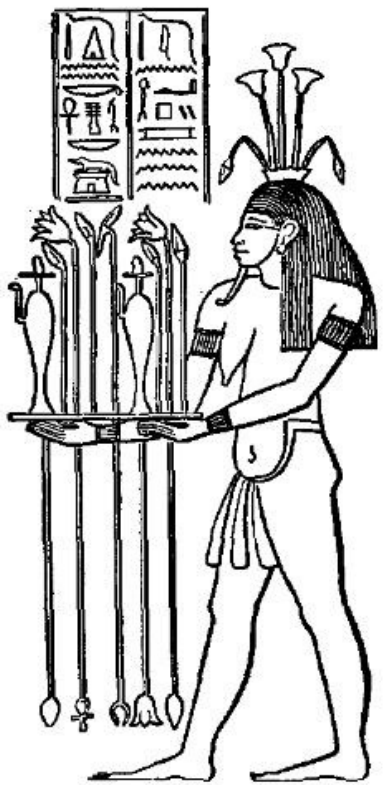
- – vallás és a csillagászat szoros összefonódása: a Napot, Holdat istenként tisztelték
- – épületek nagy precizitású tájolása az égitestek látszó mozgásának figyelembevételével
- – bolygók keringésidejének pontos megfigyelése
- – 12 db. 30 napos hónap és 5 szökőnap = 365 napos szoláris év
- – minden holdhónapra jut egy-egy szertartás, vagy rituálé
- – a napoknak nincs neve és nem rendeződnek hetekbe
- – a napi időt nem órákban és percekben mérték, hanem a Nap haladásának gyorsaságát figyelték és azt, hogy mennyi idő kell egy-egy feladat elvégzéséhez
- – nem készítettek fogyatkozás előrejelzéseket

Egyiptom

- – Időmérés: a Nap mozgására támaszkodik, fontos a földművelésnél (Nílus áradása, öntözés)
- – Az évet 365 napra osztották: 12 30 napos hónap és járulékos nap. Bevezették a szökőévet: minden 4. évben egy szökőnapot iktattak be.
- – Vallás: a csillagok istenségek
- – Építészet: épületek tájolása (pl. Kheopsz piramis: É–D-i tájolás)



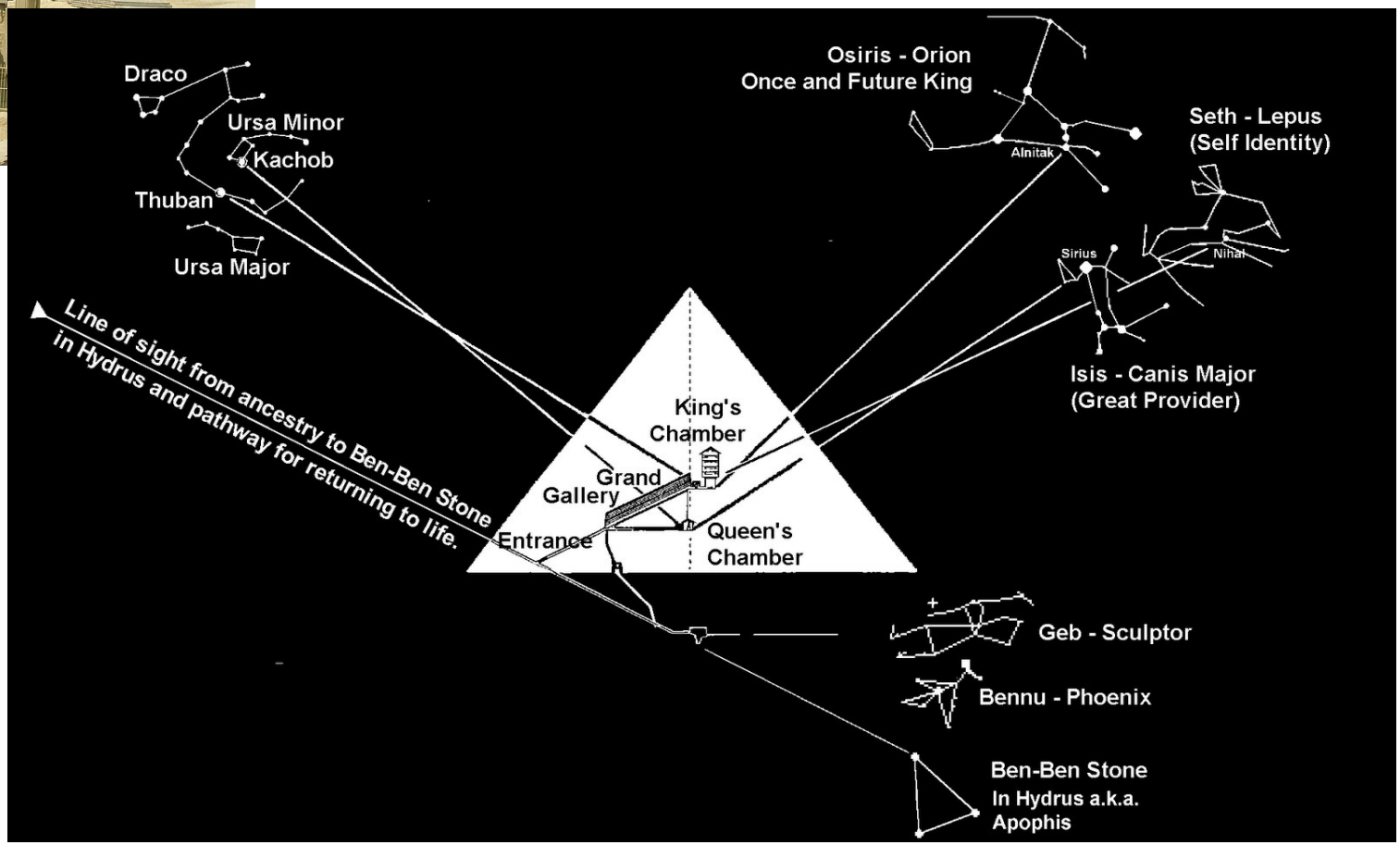
Khnum a Nílus istene



Hapi a Nílus áradásának istene

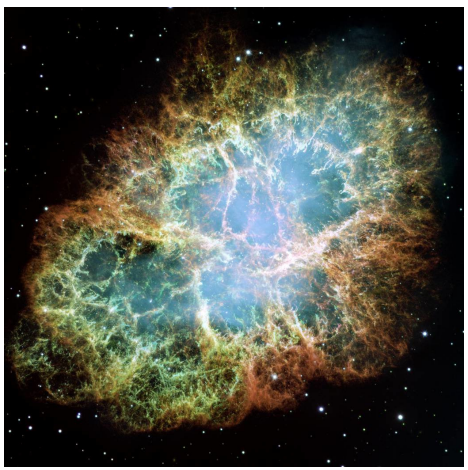
Egyiptom




Draco
Ursa Minor
Kachob
Thuban
Ursa Major
Line of sight from ancestry to Ben-Ben Stone in Hydrus and pathway for returning to life.
Osiris - Orion
Once and Future King
Alnitak
Seth - Lepus
(Self Identity)
Sirius
Nihal
Isis - Canis Major
(Great Provider)
King's Chamber
Grand Gallery
Entrance
Queen's Chamber
Geb - Sculptor
Bennu - Phoenix
Ben-Ben Stone
In Hydrus a.k.a.
Apophis

Kína

- – A csillagászat fő szerepe az időmérés: kínai napórák, az évet 366 napra osztották, 30, illetve 29 napos holdhónapok
- – A csillagászok a császár szolgálatában állnak: jóslási szerep (Hi és Ho csillagászok lefejezése egy elmulasztott napfogyatkozás előrejelzés miatt)
- – Első csillagkatalógus összeállítása (i.e. 900 körül)
- – Az egyenlítő és az ekliptika hajlásszögének megmérése i.e. 1100 körül (23 fok 54 perc)
- – A Taurus csillagképben feltűnt szupernóva robbanás megfigyelése és leírása 1054-ben (Rák köd kialakulásának oka)



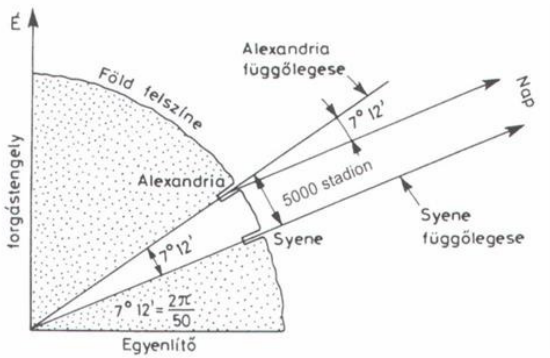
- 10 fényév átmérőjű
- közepén egy pulzár [gyors forgású (30 1/sec), nagy tömegű, de kis átmérőjű égitest]

- **Világkép:**
- – a Föld alakja szögletes
- – Az égbolt kerek, illetve kilenc szintből áll. Az égboltot nyolc oszlop tartja.
- – Az égbolt középpontjában a Sarkcsillag, csúcsán az Égi Nagyúr található.

Görög csillagászat

- – Kezdeti világképe szerint a Föld egy korong, melynek középpontjában az Olümposz áll, körülötte pedig az Okeánosz található.
- – Gyorsan eljutottak a gömb alakú Föld fogalmáig (parthoz közeledő hajók, földárnyék a Holdon, égitestek horizont feletti magassága).

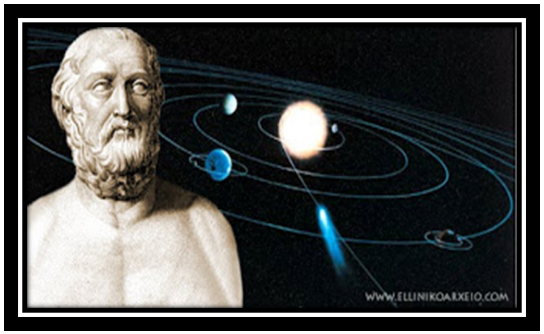




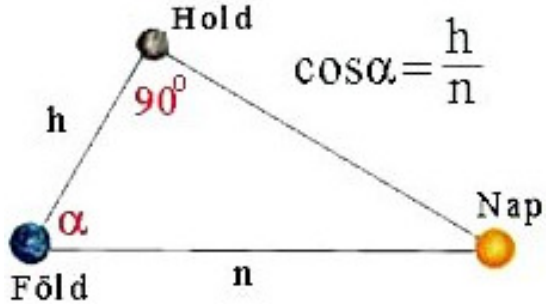
Eratoszthenész: meghatározta Alexandria és Szüéné távolságát meghatározta a Föld méreteit: az egyenlítő hosszára a maival kb. azonos értéket kapott



Ptolemaiosz: geocentrikus világkép; 7 bolygó: Hold, Merkúr, Vénusz, Nap, Mars, Jupiter, Szaturnusz, majd az állócsillagok szférája; a bolygópályák excentrikusak



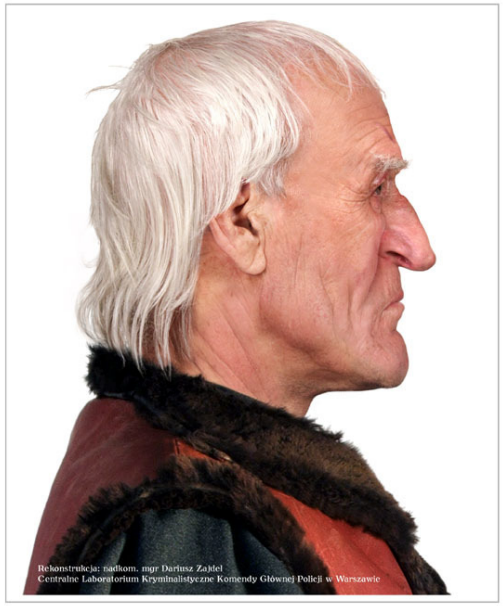
Arisztarkhosz: heliocentrikus világkép; a Nap nem istenség, hanem egy izzó kőgolyó, mely körül kering a forgó Föld és a bolygók



Nicolaus Copernicus (1473-1543)









– lengyel matematikus és csillagász, de orvostudománnyal és jogtudománnyal is foglalkozott és egyházjogból doktorátust szerzett
– a heliocentrikus világkép kidolgozója
– Warmia egyházmegye kanonoka 1520-ig, majd csak csillagászattal foglalkozik
– "Az égi pályák körforgásairól" című művében bizonyítja, hogy a heliocentrikus világkép magyarázatot ad a megfigyelt jelenségekre
– az összes matematikai nehézséget az euklideszi geometria segítségével oldotta meg
– egyetlen hibája, hogy rendszerében körpályákkal számolt, ezért a bolygópályák pontatlanabbak lettek

Tycho Brahe (1546-1601)



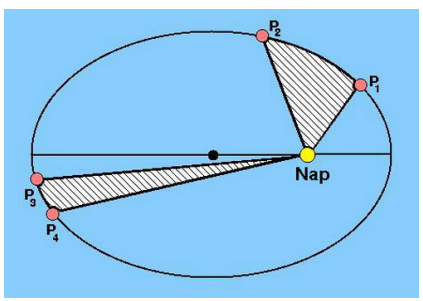
– dán csillagász, nemesi család sarja (eleinte jogot tanul, majd a csillagászat felé fordul a figyelme)
– eleinte horoszkópokat készít, s megjósolja I. Szulejmán halálát, s ez műorr viselésére "kényszeríti"
– Dániába visszatérve megkezdi észleléseit, s megfigyeli a Cassiopeia csillagképben látható szupernóvát –> ez híressé teszi őt
– megkapja Hven szigetét, ahol a kor legkorszerűbb csillagvizsgálóját építi föl
– minden műszerből négyet tartottak, s minden jelenséget négy csillagász figyelt meg, így a korábbinál jóval pontosabb adatokat kapott
– megfigyelt egy üstököst, melynek pályáját kiszámítva rájött, hogy az a Föld felé közeledik

(WISE infra, SN1572)



Johannes Kepler (1531-1630)







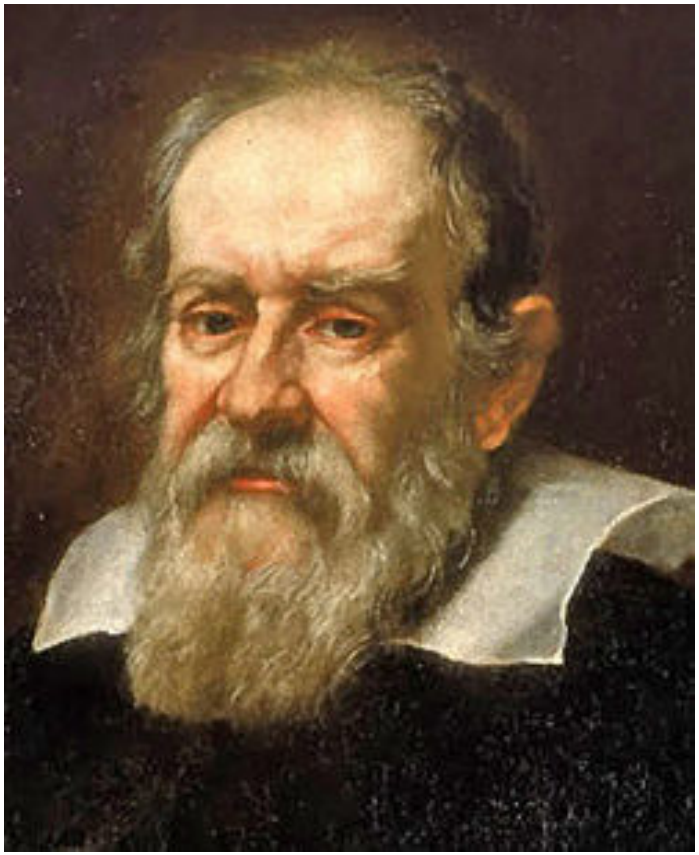
– német csillagász és kitűnő matematikus
– Tübingenben teológiát tanult
– eleinte Brahe asszisztense, de kapcsolatuk nem felhőtlen
– majd a grazi egyetemre ment csillagászatot és matematikát tanítani
– Brahe adatait felhasználva megalkotta a bolygómozgás három törvényét:

- I. tv.: A Mars pályája nem kör, hanem ellipszis, melynek egyik fókuszában a Nap áll
- II. tv.: A Naptól távolabbi bolygók lassabban haladnak. Megmutatta, hogy a bolygókhoz húzott vezérsugár egyenlő idők alatt egyenlő területeket súrol
- III. tv.: 1618-ban összefüggést talált a bolygók Naptól való távolsága és azok keringési ideje között:

$$\frac{r_1^3}{T_1^2} = \frac{r_2^3}{T_2^2}$$

– befejezte és kiadta a Rudolf-féle táblázatokat, melyek a legpontosabb bolygópálya leírásokat tartalmazzák

Galileo Galilei (1564-1642)



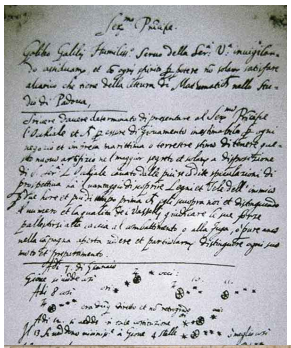
– itáliai csillagász és matematikus
– eredetileg orvosnak készült
– a padovai egyetemen professzori állást töltött be, s geometriát, mechanikát és csillagászatot tanított
– heliocentrikus nézeteket vallott, ezért perbe fogták, s tanait először csak elméleti lehetőségként lehetett tanítani, de a második per ítélete szerint tanai megtagadására és házi őrizetre kötelezték



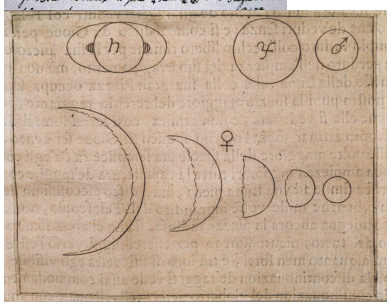
Cristiano Banti (1857) Galilei a római inkvizíció előtt

Galileo Galilei (1564-1642)

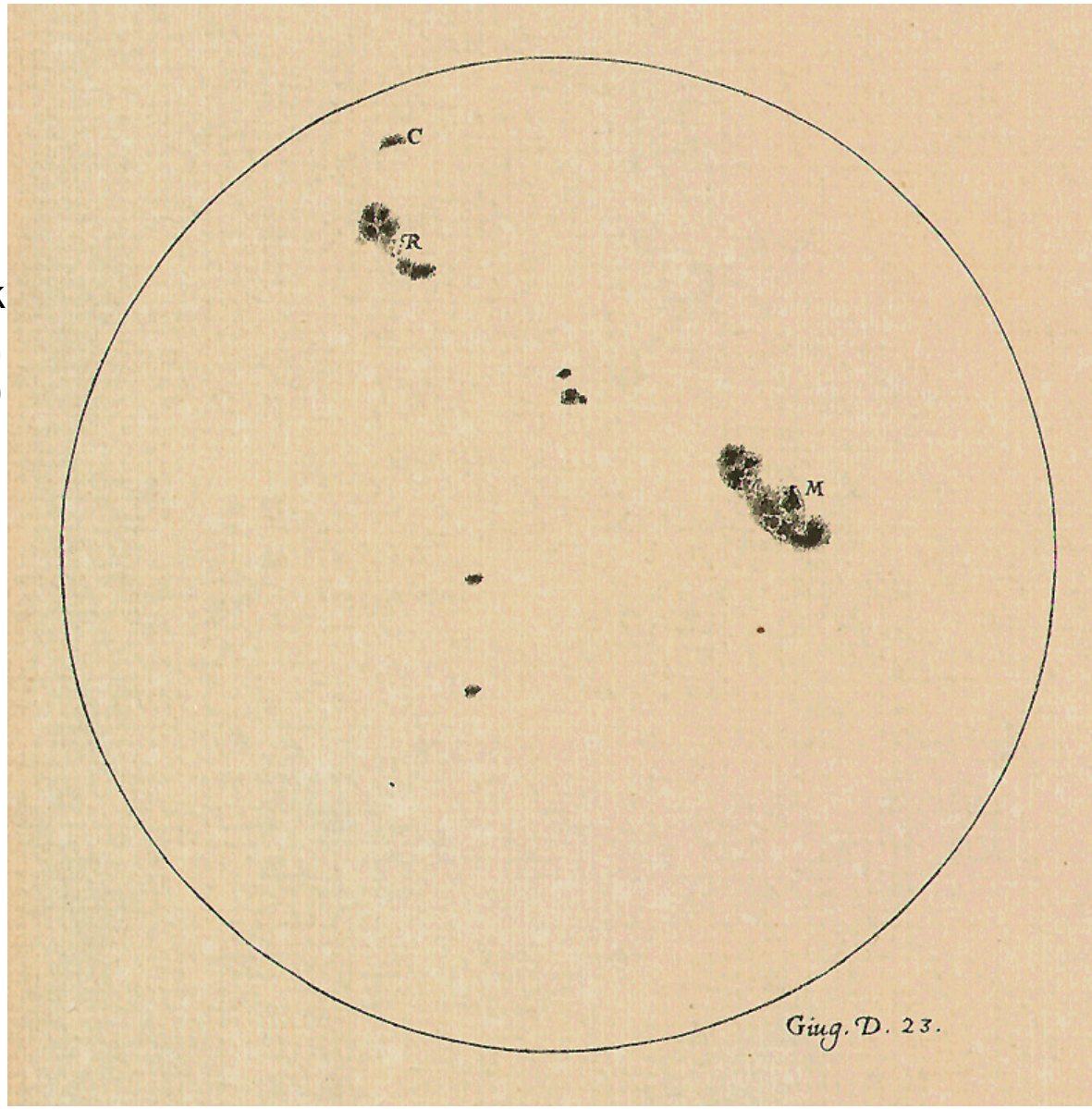




1610: Jupiter holdjainak felfedezése (Ió, Európé, Kallisztó, Ganümédész)



Szaturnusz gyűrűinek megfigyelése, melyeket a bolygó két oldalán holdként ábrázolt
Vénusz fogyó és növekvő fázisainak észlelése –> a Nap körül kering



Napfoltok megfigyelése és ábrázolása

Isaac Newton (1642-1727)



Godfrey Kneller (1702)



Newton távcsövének másolata

– angol csillagász, matematikus, filozófus és alkímista
– fő műve a Philosophiae Naturalis Principia Mathematica
– leírta a tömegvonzás törvényét és megalapozta a klasszikus mechanika tudományát

$$F = f \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

ahol f a gravitációs állandó, értéke $6.67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg}$
– Kepler törvényeit matematikailag alátámasztotta
– ugyanazon erők hatnak az égitestekre s a földi tárgyakra
– az égitestek hiperbola, és parabola pályán is mozoghatnak
– a prizmán áthaladó fényt a prizma színeire bontja
– 1667: a Trinity College tanára, majd professzora
– megalkot egy távcsövet saját csiszolású tükrökkel
– megbecsülte a Nap–Föld távolságot és azok tömegarányát (alulbecsülte)
– a nemesfém pénzek tömegvesztésének ellenőrizhetőségére kitalálja, hogy azok oldalát recézni kell; megalkotja a macskaajtót; és egyetemi szobájával szemközti laboratóriumában alkímista kutatásokat folytat

Miről lesz szó a mai órán?

Történet, szférikus csillagászat, időszámítás

Történet:
Ókor – Babilon, Egyiptom, Kína, görögök (Arisztarchosz, Eratosztenész, Ptolemaiosz),
Középkor – Kopernikusz, Tycho, Kepler, Galilei, Newton.

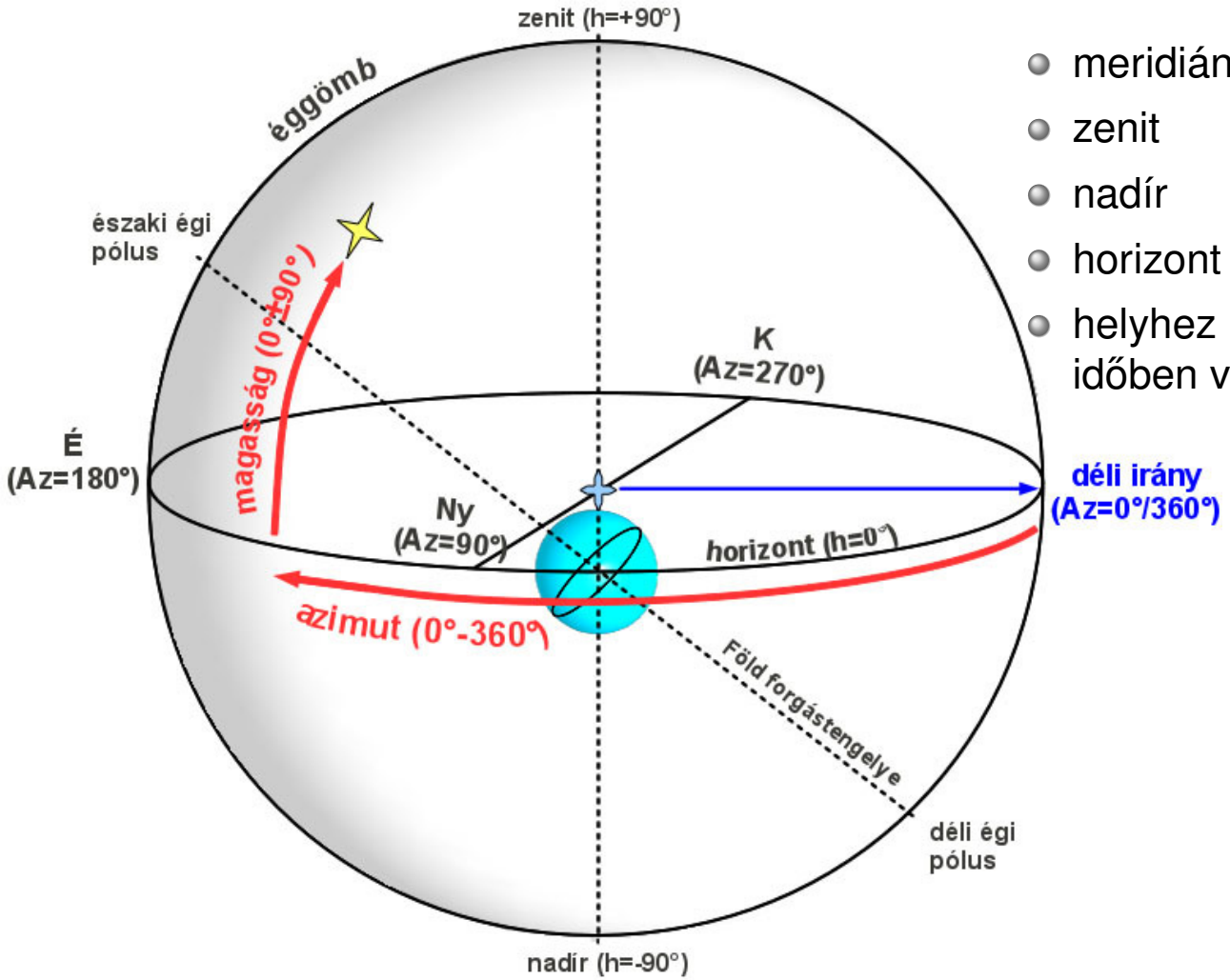
Szférikus csillagászat:
Égi koordináta-rendszerek - horizontális, ekvatoriális, ekliptikai, galaktikus (hosszúságok és szélességek definíciói). A Nap látszó mozgása

Időszámítás:
csillagidő, Nap-idő, középidő (időegyenleg), polgári idő, világidő, zónaidő, dekretális idő, dátumválasztó. Naptár, szökőnapok, Julián-dátum.

Koordináta-rendszerek

– Origójuk szerint lehetnek pl.:
  - topocentrikus – megfigyelő középpontú
  - geocentrikus – Föld középpontú
  - baricentrikus – Naprendszer tömegközéppontja az origó
– Alapsíkjuk szerint lehetnek:
  - horizontális vagy azimutális – horizont alapsíkú
  - ekvatoriális – égi egyenlítő
  - ekliptikai – ekliptika alapsíkú
  - galaktikus – Tejút síkja az alapsík

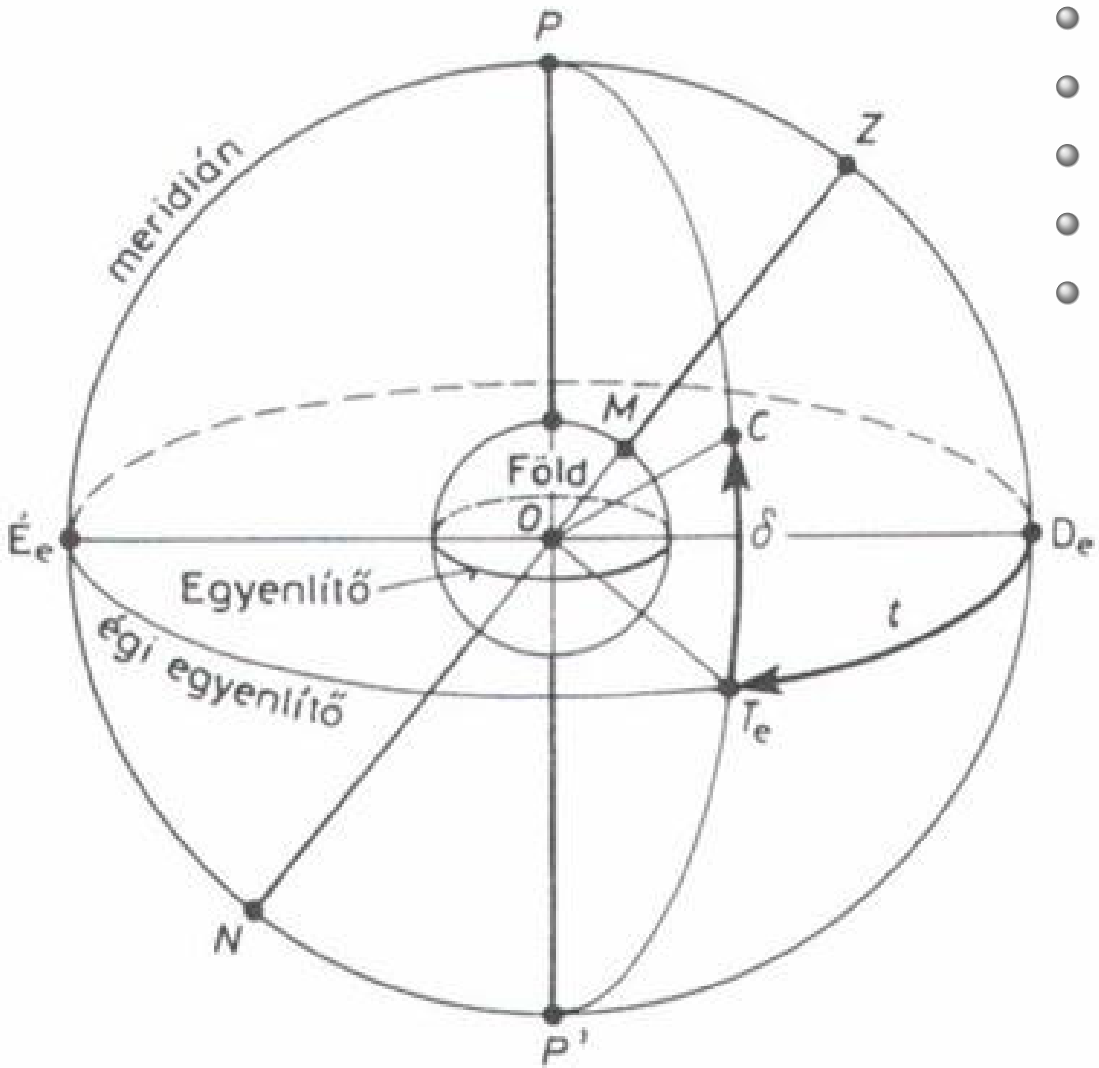
Topocentrikus horizontális koordináta-rendszer



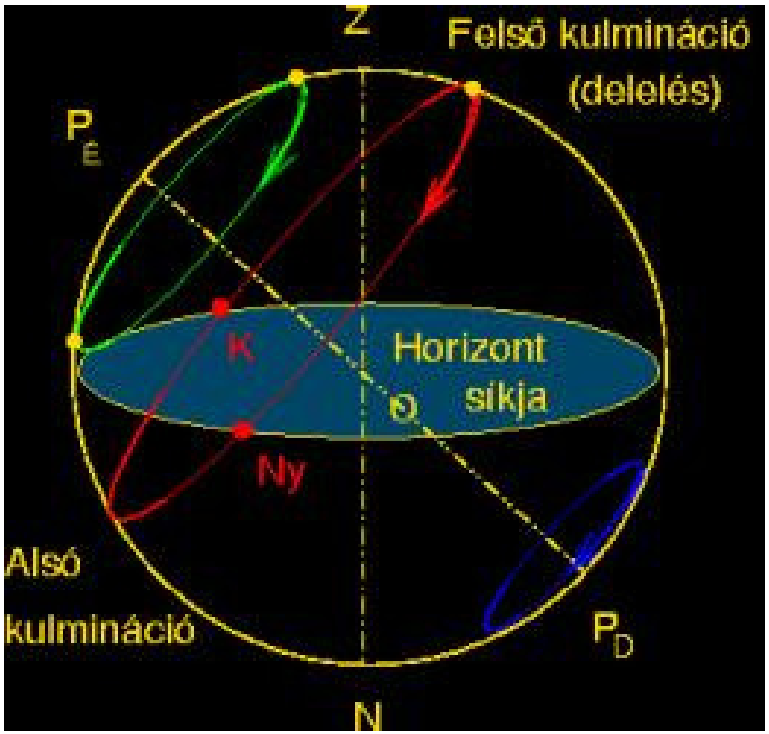
- meridián
- zenit
- nadír
- horizont
- helyhez kötött, a koordináták időben változnak

Középpont (✣): a megfigyelő
Alapsík: a megfigyelő **horizontja**
Alapirány: a megfigyelő déli iránya
Koordináták: azimut (Az; 0° - 360°); magasság (h ; 0° - ±90°)

Első ekvatoriális koordináta-rendszer



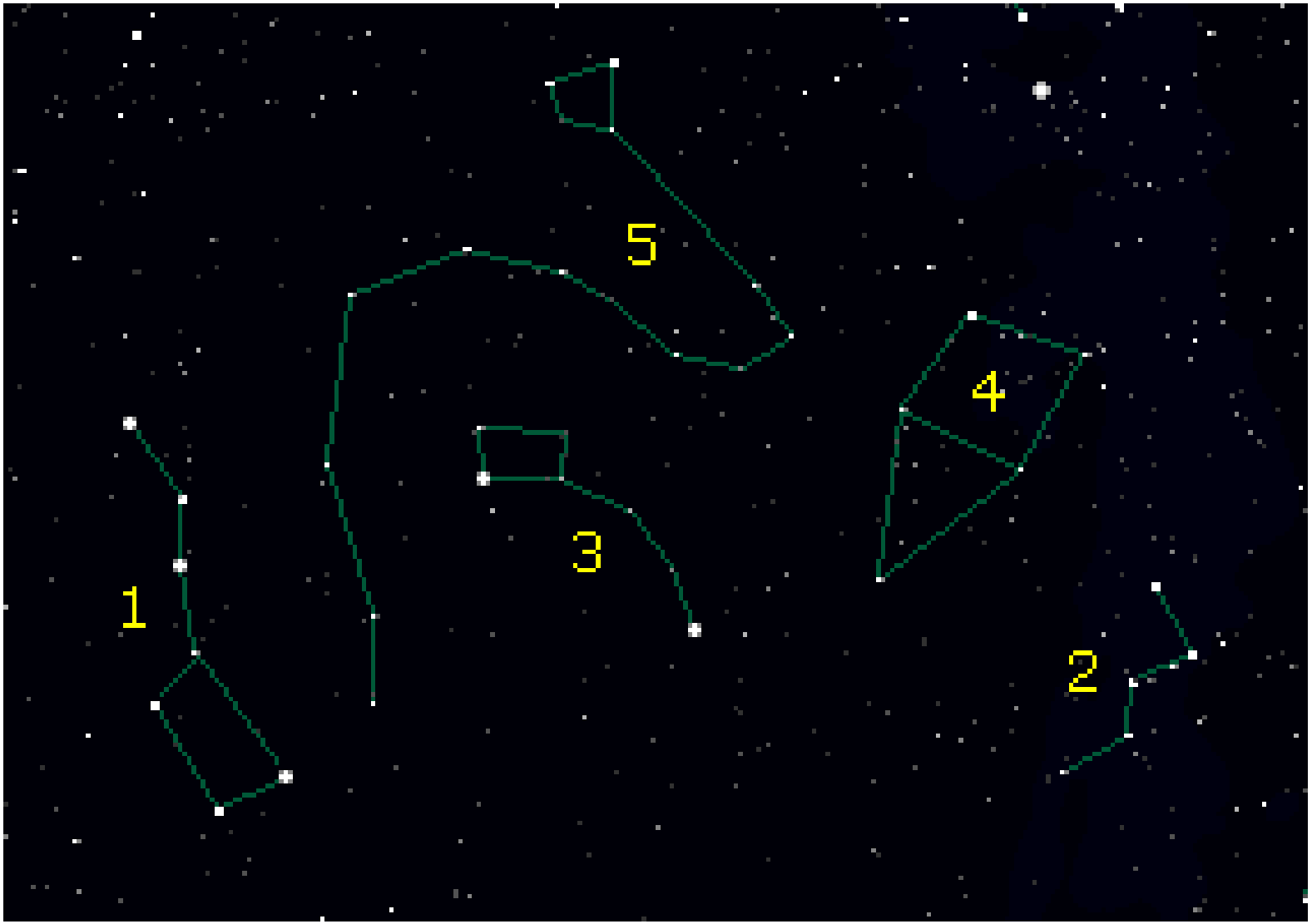
- középpont: a Föld középpontja
- alapsík: égi egyenlítő
- alapirány: déli irány
- koordináták: δ: deklináció (°), t: óraszög (h)
- kulmináció: alsó – felső (delelés)
- cirkumpoláris csillag: az alsó kulmináció is a horizont felett van



Cirkumpoláris csillagok



Cirkumpoláris csillagok

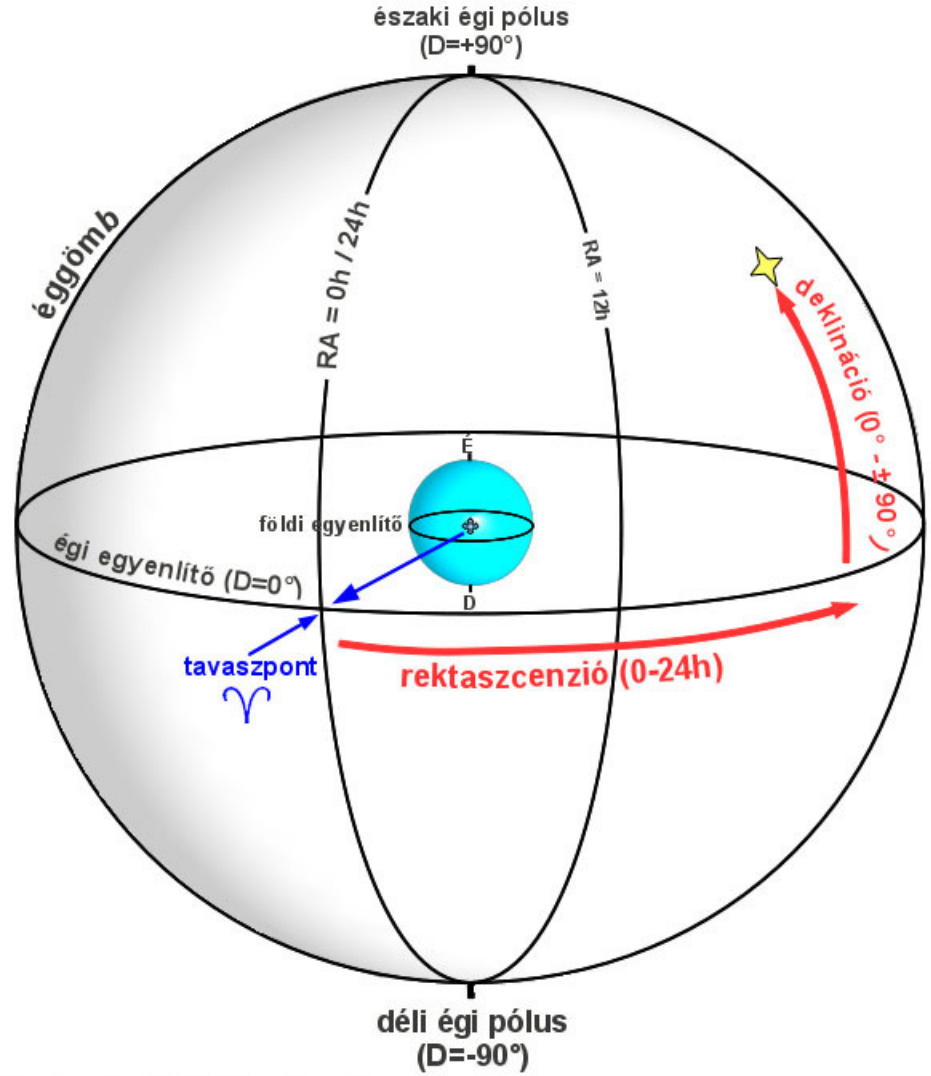


- 1: Ursa Major
- 2: Cassiopeia
- 3: Ursa Minor
- 4: Cepheus
- 5: Draco

Cirkumpoláris csillagok

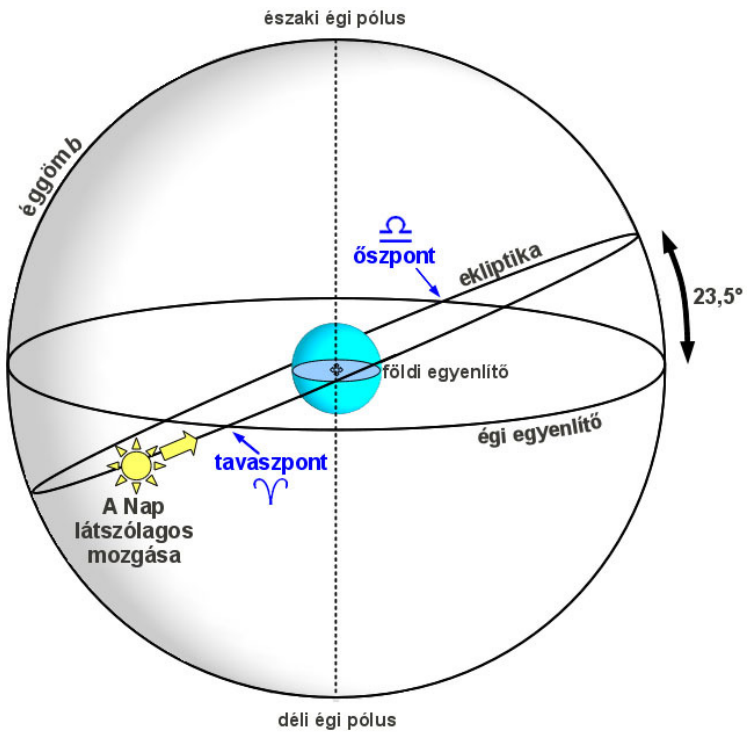


Második ekvatoriális koordináta-rendszer

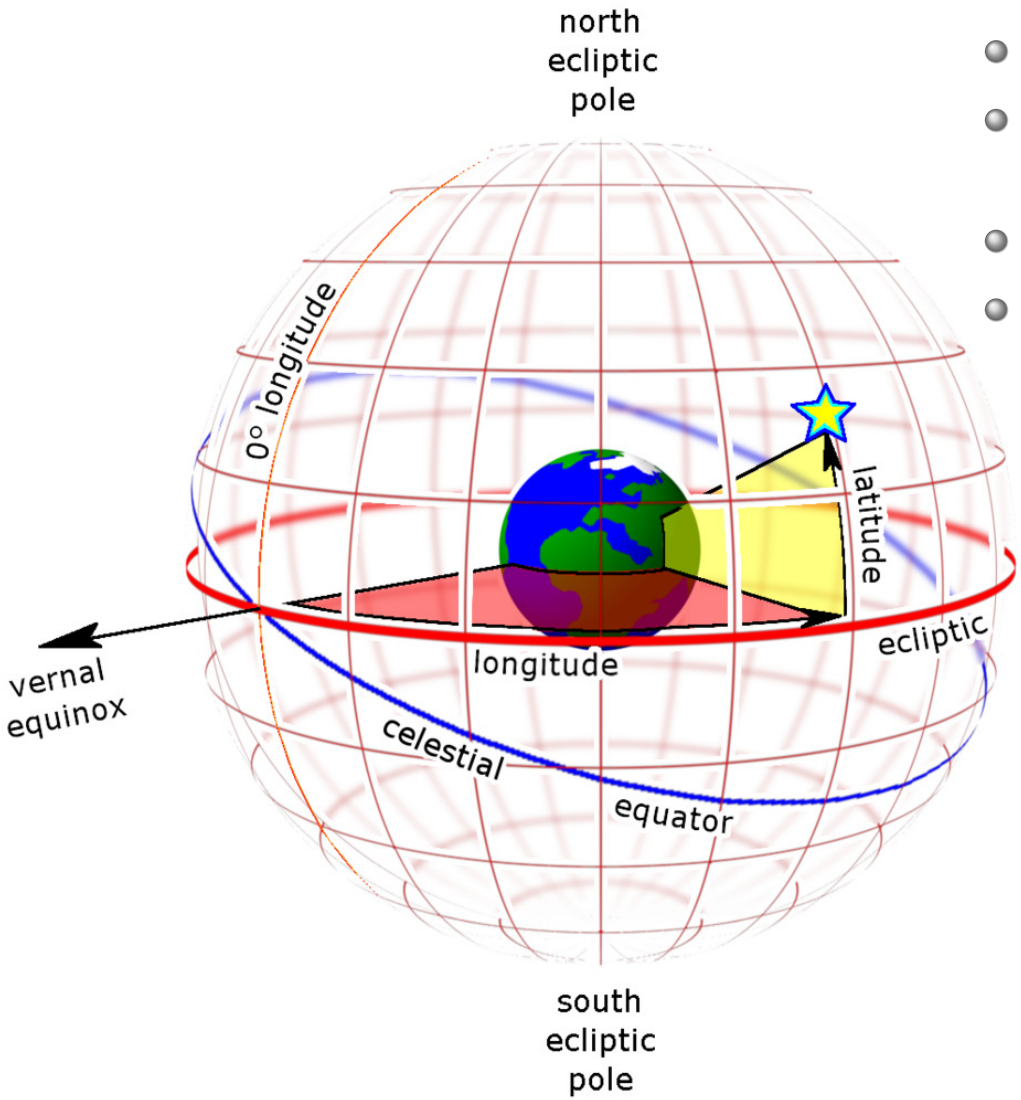


Középpontja (✥): Föld középpontja
Alapsíkja: **égi egyenlítő**
Alapirány: tavaszpont (♈)
Koordináták: rektaszcenzió (0-24h), dekináció (0° - ±90°)

- ekliptika
- az ekliptika és az égi egyenlítő metszéspontjai:
  - γ: tavaszpont
  - Ω: őszpont
- δ: deklináció (°)
- α: rektaszcenzió (h)

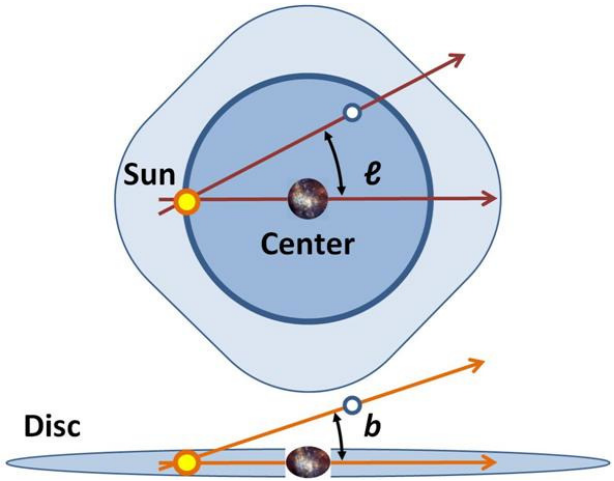


Ekliptikai koordináta-rendszer

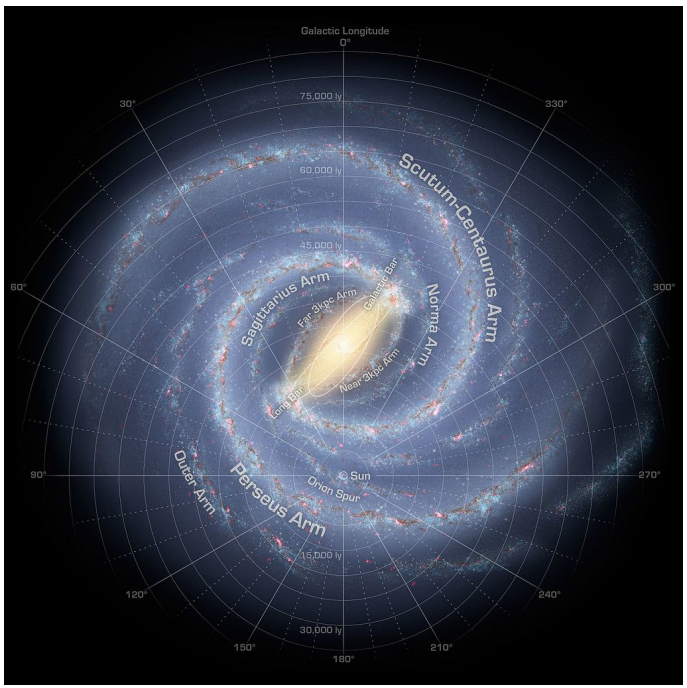


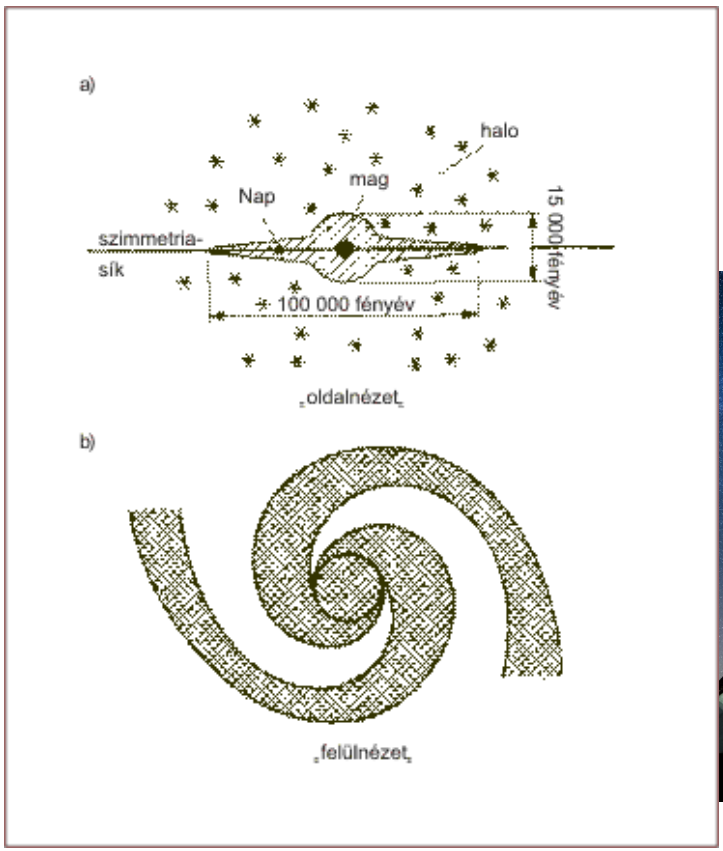
- alapsík: ekliptika
- középpont: Föld (geocentrikus), Nap (heliocentrikus)
- alapirány: a tavaszpont felé mutat
- koordinátái: szélesség (β - geocentrikus, *b* - heliocentrikus) és hosszúság (λ - geocentrikus, *l* - heliocentrikus)

Galaktikus koordináta-rendszer



- alapsík: a Tejút síkja
- alapirány: a Tejút centruma felé mutat
- koordinátái:
  szélesség (b): a galaxis síkja fölött,
  hosszúság (l): a galaxis síkjában

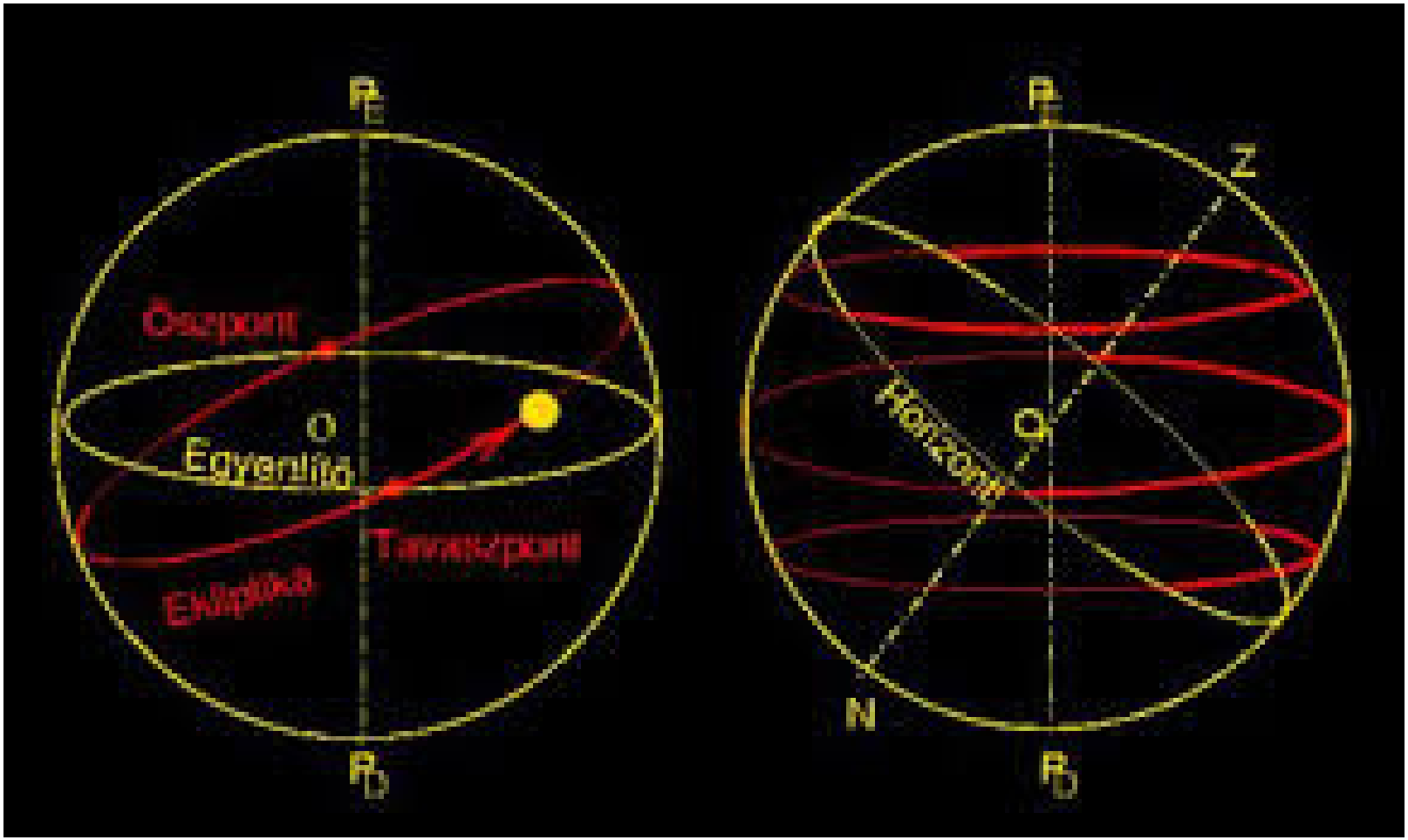




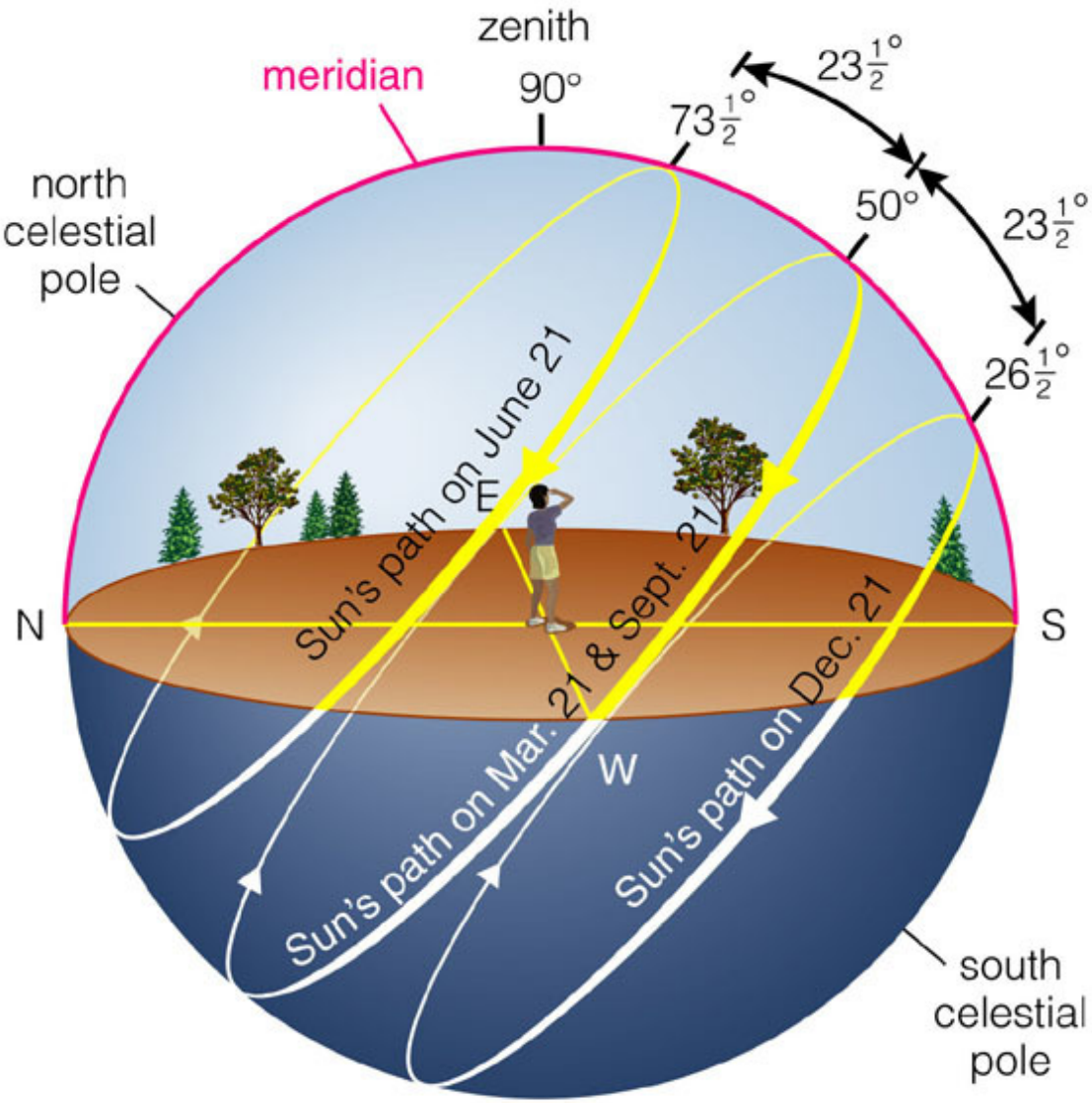
(fotó: Komka Péter)



A Nap látszó mozgása

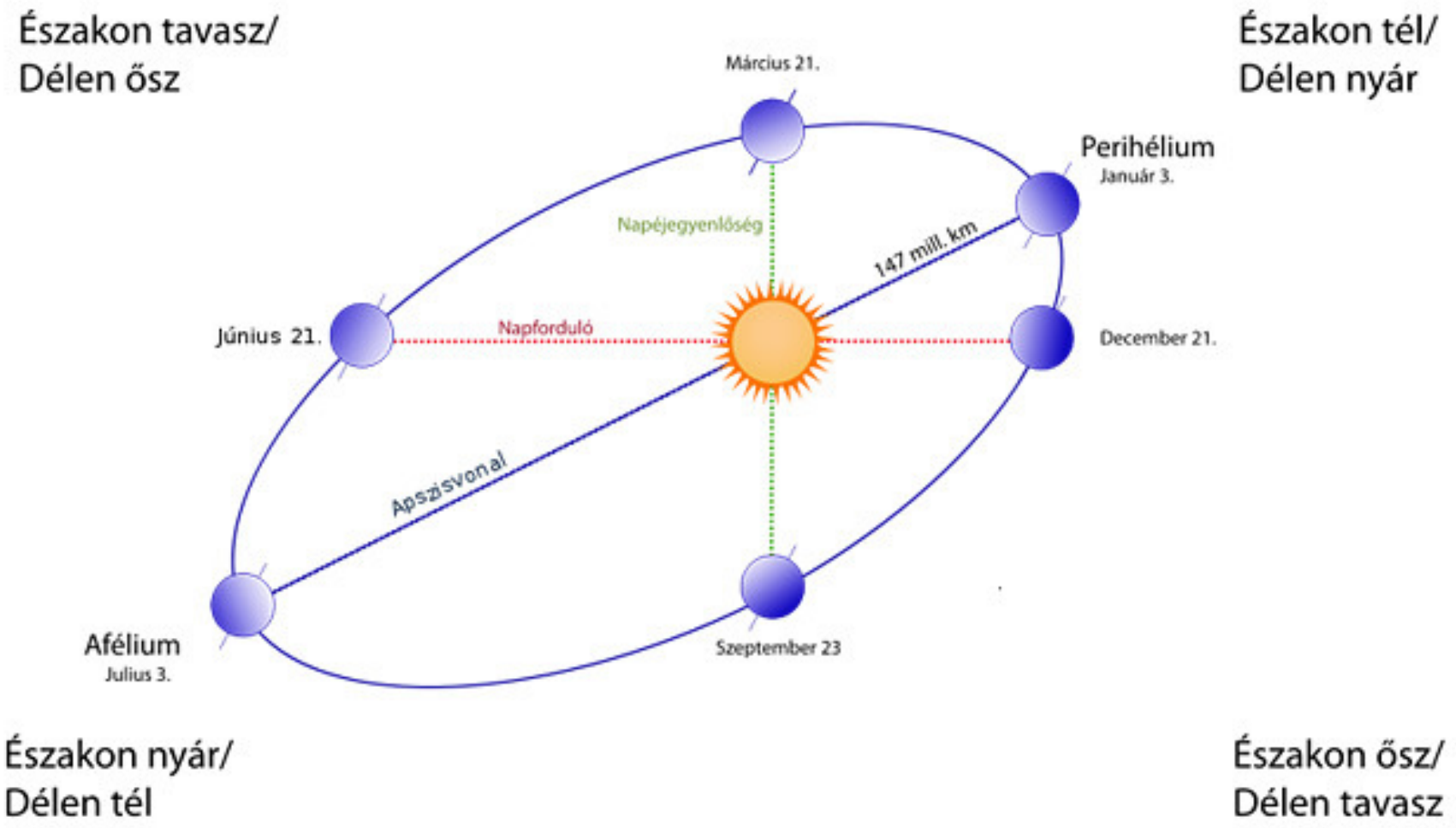


A Nap látszó mozgása



Copyright © 2004 Pearson Education, publishing as Addison Wesley.

A Nap látszó mozgása – évszakok



Afélium: 152.1 millió km
Ok: tengelyferdeség

Miről lesz szó a mai órán?

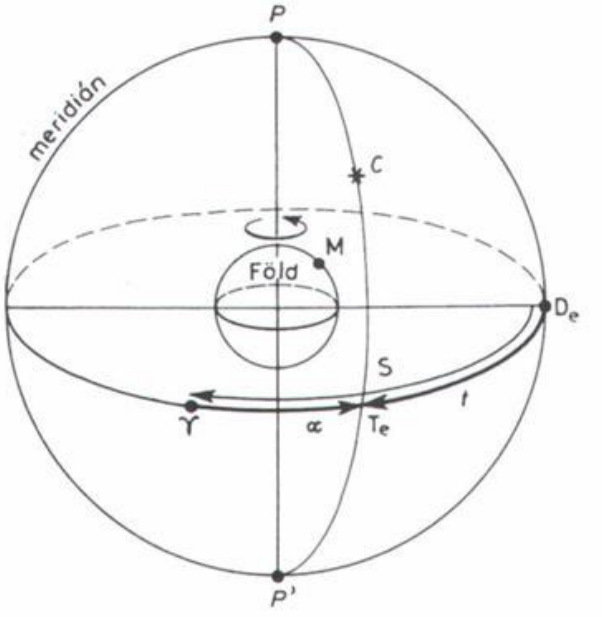
Történet, szférikus csillagászat, időszámítás

Történet:
Ókor – Babilon, Egyiptom, Kína, görögök (Arisztarchosz, Eratosztenész, Ptolemaiosz),
Középkor – Kopernikusz, Tycho, Kepler, Galilei, Newton.

Szférikus csillagászat:
Égi koordináta-rendszerek - horizontális, ekvatoriális, ekliptikai, galaktikus (hosszúságok és szélességek definíciói). A Nap látszó mozgása

Időszámítás:
csillagidő, Nap-idő, középidő (időegyenleg), polgári idő, világidő, zónaidő, dekretális idő, dátumválasztó. Naptár, szökőnapok, Julián-dátum.

Csillagidő



- – csillagidő: a tavaszpont (γ) óraszöge, felső kulminációban (deleléskor) $S = 0h$, alsó kulminációban $S = 12h$
- – csillagnap: γ két felső kulminációja között eltelt időtartam
- – ismert rektaszcenziójú (α) csillag segítségével mérik, melynek óraszöge t
- – $S = \alpha + t$
- – C csillag delelésekor: $t = 0h$, tehát a csillagidő a csillag rektaszcenziójával egyezik meg
- – a csillagidő helyi idő, minden hosszúsághoz más-más meridián tartozik, ezért minden hosszúságon más a csillagidő

Szoláris idő

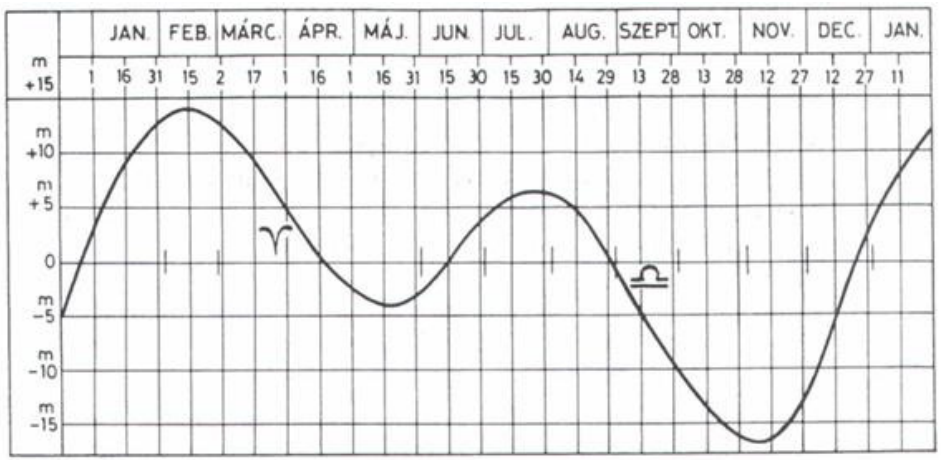
Szoláris idő ($m_\odot$):

- – szoláris nap (Nap-nap): a napkorong középpontjának két felső, vagy két alsó kulminációja között eltelt idő
- – a Nap óraszöge +12 h, hogy a 0 óra éjfélre kerüljön
- – időmérésre alkalmatlan, mert tartama egyenlőtlen (Kepler II.)
- – tehát a valódi nap nem állandó

Középidő, vagy közép szoláris idő (m):
Olyan fiktív Nap mozgását tekintjük, melynek

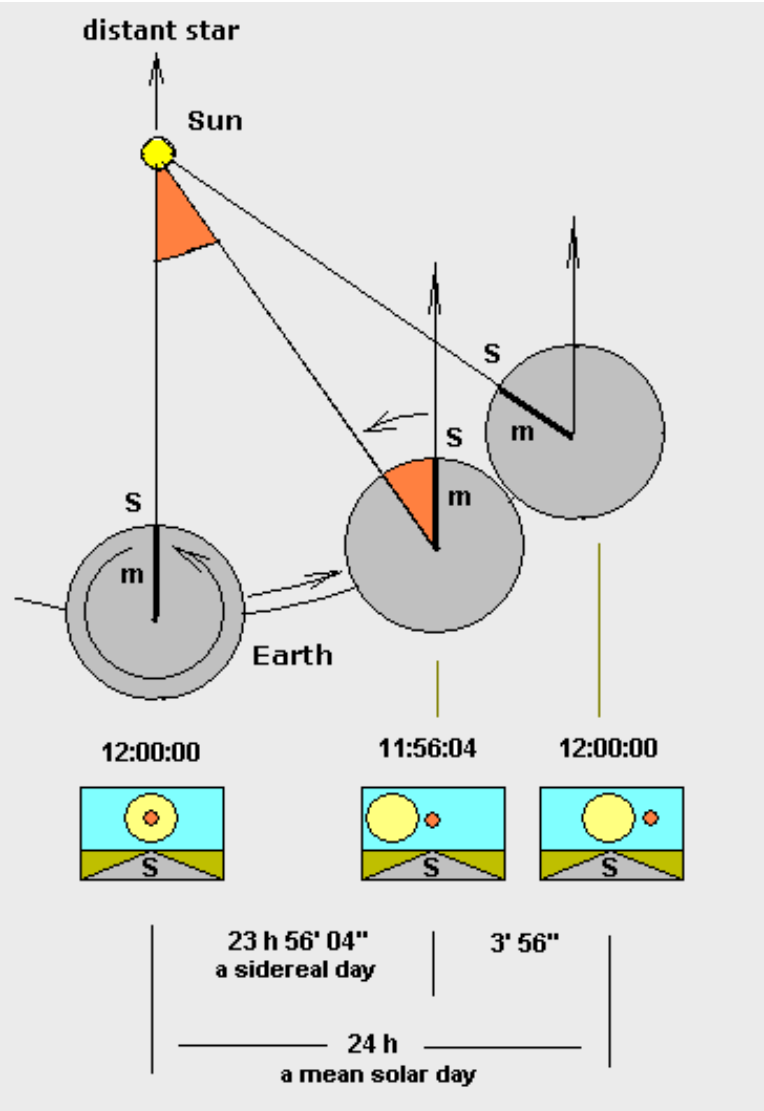
- – éves keringési ideje az ekliptikán megegyezik a Napéval
- – pozíciója perihéliumban egybeesik a Napéval
- – de egyenletesen fut körbe az egyenlítőn
- – periódusideje megegyezik az ekliptikán egyenletesen körbefutó pontéval
- – a Fiktív Egyenlítői Középnap óraszögéhez 12 órát hozzáadunk

Időegyenleg: a két idő közti különbség éves változását írja le

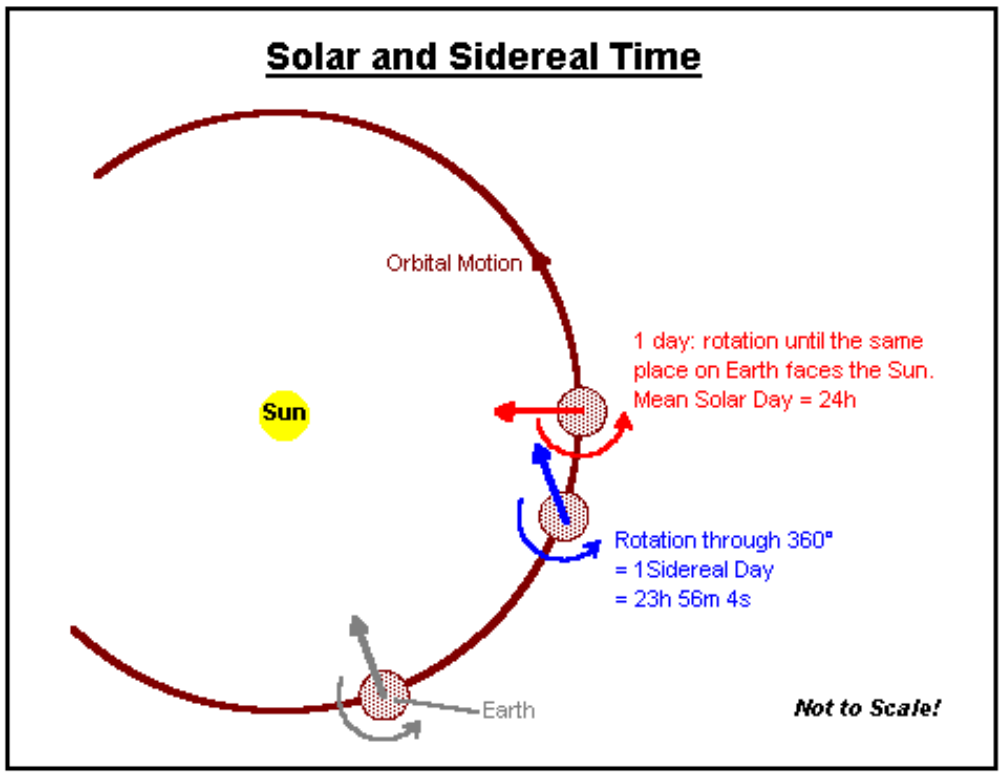


E=m-$m_\odot$
A fiktív Nap delelésénél a valódi Nap még delelése előtt, vagy már utána jár.

Szoláris idő – csillagidő



- – csillagnap hossza: 23 h 56 min 4 sec



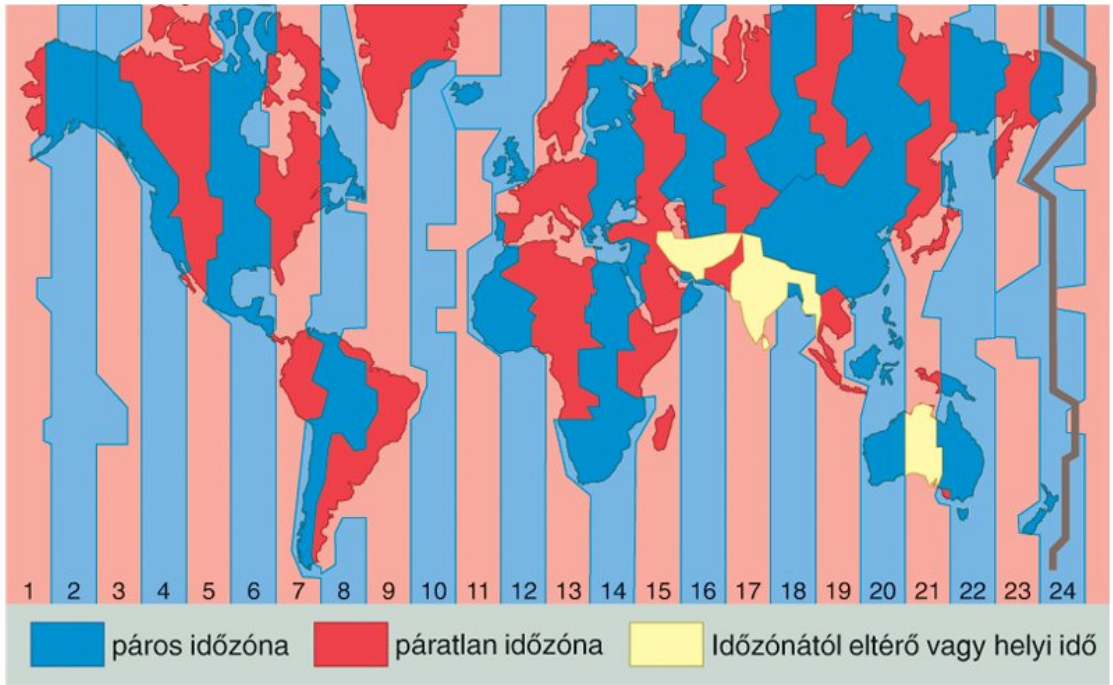
UT, ET, Zónaidő, dátumválasztó-vonal, dekretális idő

Világidő:

- – jelölése: UT
- – a Greenwichben mért középszoláris idő
- – ma már az UTC használatos, a Föld rotációjának lassulása miatt

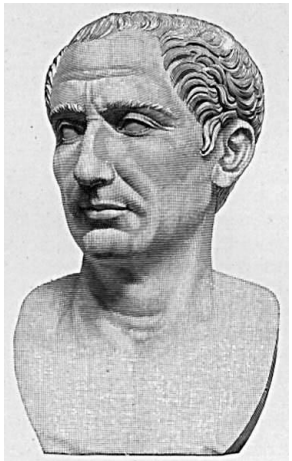
Efemerisz idő:

- – jelölése: ET
- – egysége: efemerisz másodperc (konstansnak tekintett, mely a tropikus év adott hányada)
- – a $\Delta T = ET - UT$ különbséget csillagászati évkönyvek tartalmazzák



- – a Föld felszínét 15°-os hosszúsági sávokra osztják
- – **zónaidő**: a zóna középvonalán mért helyi idő
- – zónaváltásnál +1/-1 h K-re/Ny-ra haladva
- – **dátumválasztó-vonal**: a 180°-os hosszúsági kör mentén (K-ről Ny-ra +1, Ny-ról K-re haladva -1 nap)
- – **dekretális idő:** helyi rendelettel megváltoztatható a zónaidő (pl. nyári időszámítás)

Naptár





- – dilemma: a Föld keringési ideje nem egész számú többszöröse a rotációs idejének (a tropikus év 365.2422 középnap)
- – ókori Kína: a kört $365\frac{1}{4}$ °-ra osztották, a Föld minden nap egy osztásnyit haladt a pályáján
- – így 365 napos évet tekintve négy évente +1 nap keletkezik
- – Julius Caesar elrendelte négy évente egy szökőnap beiktatását

$$\frac{3 \cdot 365 + 1 \cdot 366}{4} = 365.25$$

- – a középkorban XIII. Gergely pápa elrendelte (gregorián naptárreform), hogy a százzal osztható éveket csak akkor kell szökőévnek tekinteni, ha azok 400-zal is oszthatók

$$\frac{303 \cdot 365 + 97 \cdot 366}{400} = 365.2425$$

Júlián-dátum
Megadja, hogy az adott év adott napja hány középnap időtávra van az egyezményesen kijelölt időponttól (i.e. 4713 első napjának világidőben vett dele).

Naptárak

Zsidó naptár:

- – egyszerre holdnaptár és nap-naptár, melynek hónapjai a holdciklushoz igazodnak
- – kezdete i.e. 3761. október 7.
- – éveinek hossza változó, de átlagban megfelel a Gergely-naptár szerintinek
- – a hét kezdőnapja a vasárnap, utolsó napja a szombat, melynek egyedüliként valódi neve is van (sabbat)
- – a napok napnyugtakor kezdődnek

Mohamedán naptár:

- – holdévekben számol
- – kezdőpontja i.sz. 622. július 16. (Mekka > Medina)
- – egy év 12 holdhónapból (29 és 30 naposak), illetve 354 napból áll
- – a hét első napja a vasárnap, hétvége a péntek és szombat