

# Csillagászat története 1

ELTE TTK Csillagász szak 1. félév

(Balázs Béla előadásai és jegyzete alapján)



Pápics Péter István

2004.

# Babilónia

Világmodell: A babiloniak szerint a lépcsőzetes felépítésű, kúp alakú Föld a világoceánon úszik. Föléje az első, második és harmadik égbolt borul, alatta hét fallal körülvéve a holtak birodalmának palotáját találjuk. A világoceánt az ég gátja határolja, ezen helyezkedik el a hegyekből formált keleti, illetve nyugati kapu, melyeken keresztül a Nap felkel illetve lenyugszik.

## Korai periódus:

- első szisztematikus észlelők
- feljegyzések **i.e. 1800**-tól: holdkelte és újhold időpontok.
- Vénusz-táblázatok: Ammisaduqa (**i.e. 1702-1681**)
- nem csak észlelések, hanem kalkulációk is
- i.e. 1100**-tól 1000 éven át táblázatban rögzítették az Anu (égi egyenlítőhöz közeli), Ea (északra) és az Enlil (délre) csillagait, szám szerint minden sávból tizenkettőt.
- rájöttek az évszakok változásának és a Nap mozgásának kapcsolatára
- i.e. 612**-ben már Holdfogyatkozást jeleztek előre.

## Mul-Apin táblázatok: (mul = csillag) – **i.e. 687**

- a három sáv csillagai, egymással szemben lévő csillagok (amikor az egyik kel, a másik lenyugszik), delelési lista (egy csillag delelését egy másik csillag kelésével adták meg), Holdpálya menti csillagok.
- időjárás és mezőgazdaság: megfigyeléseik szerint a XII-II. hónapban a Nap az Anu-ban van, az idő ilyenkor szeles, a III-V. hónapban az Enlil-ben van, ez az aratás ideje, a VI-VIII-ig újra az Anu-ban van, a IX-XI. hónapban pedig az Ea-ban, ekkor hideg van.
- kezdetleges szökőhónap-szabályokat állítottak fel, pl. ha az év első napján a Hold a Fiastyúk környékén van, akkor nincs szükség XIII. hónap beiktatására.
- standard gnomon árnyékának hossza adott időpontban
- az éjszaka hossza (rájöttek az évszakok és a Nap magasságának összefüggésére!)

**Állatöv:** A Holdpálya, avagy lényegében az ekliptika mentén elhelyezkedő csillagképek, kezdetben 12 csillagcsoportra, majd 12 egyenlő részre osztották. Egy csillag helyét egy csillagkép nyugati végétől adták meg fokban (ush). (A görögöknél a csillagképet jelentette a zodion, az 1/12-ed részt a dodekatemorion.) Már ekkor megszületett több ma is használt csillagkép elnevezése. Két rendszert használtak, az egyikben a nyári napforduló a 8° kushu, míg a másikonál a 10° kushu-nál következett be (Kushu = Cancer, Rák). Ezen felül mérték az objektumok távolságát az ekliptikától, 1/72°-ban (she = árpaszem).

**Észlelések:** **i.e. 700**-tól folyamatosá váltak az észlelések, melyek agyagtáblákon maradtak fenn (ezek igen törékenyek, eddig több ezer darabot tártak fel). Minden tábla egy fél év hat hónapjára rögzíti: •1, az előző hónap napjainak számát •2, a holdkelte és a napnyugta közötti időt a hó utolsó napján, mikor a Hold napnyugta előtt kel •3, a következő napon a napnyugta és holdkelte közötti időt •4, a holdnyugta és a napkelte közötti időt az utolsó napon, mikor a Hold napkelte előtt nyugszik •5, a napkelte és a holdnyugta közötti időt a következő napon •6, a holdkelte és napkelte közötti időt az utolsó napon, mikor a Hold még látható •7, a bolygók ekliptikai hosszúságát •8, a folyók állását •9, árfolyamokat (piaci körkép) •10, fogyatkozásokat •11, külső bolygók láthatóságát, retrográd mozgásuk kezdetét, szembenállásukat •12, a Vénusz és a Merkúr első és utolsó láthatóságát, •13, a Hold és a

bolygók együttállásait a zodiákus csillagaival •14, időjárás megfigyeléseket •15, egyéb híreket.

**60-as számrendszer:** az egyeseknek egy függőleges vonás, a tízeseknek egy balra záródó megnyújtott relációs jelhez hasonló alakzatfelelt meg, mely elég volt a számok 0-tól 59-ig való jelölésére, ezen felül helyiértékenként elválasztva írták le a mennyiségeket. Pl.: III I =  $3 \times 60^1 + 3 \times 60^0 = 181$ , mely egy mai, egyszerűsítő átíratban 3,1. Így pl. hatvanasban  $2,1,13 = 7273$  a tízesben. Ennek segítségével a fokszámítás:  $3^\circ 41' 23'' = 3,41,23$ . Ha a 3 és  $\frac{1}{2}$  fokot akarták kifejezni, akkor átváltottak, és azt írták hogy 3,30. A mértékegységeket nem jelölték, egy pontosvesszővel jelezték az alappontot. Így 0;1 ush az egy ívperc, 0;0,1 ush = 1". A napot is 360 részre osztották, 1 ush így 4 percnak felelt meg.

## Késői periódus

**I.e. 300-i.sz. 75.:** Nagy eredmények, ~300 táblázat, számszerű leírások, időben előre meghatározott pozícióadatok (efemeris v. efemeridák), zodiákus elnevezései, instrukciós (magyarázó) táblázatok – ebből adódóan könnyű megfejthetőség.

**Nap:** közvetlenül nem foglalkoztak vele, de a Hold fázisait és mozgását tartalmazó táblázatokból csillagunk mozgására is lehet következtetni. Ezek a táblázatok oszlopszerűen felépítettek voltak (év, hó, távolság a zodiákus jeltől, zodiákus). Felismerték, hogy a Hold és a Nap szögsebessége változik az év folyamán (az A és B rendszerekben ez eltér). Kiszámították a nappalok hosszát, a napéjegyenlőségek időpontját (mikor a nappal és az éj is 180 ush hosszú). Ezen felül számították a napnyugtától napkeltéig eltelt időt, mégpedig úgy, hogy mivel az egyenlő hosszúságú zodiákus jelek az ekliptika horizonttal bezárt szögétől függően más-más idő alatt kelnek, így a nappal hossza egyenlő a nappal alatt a horizont fölött megjelenő zodiákus jelek kelési ideinek összegével.

**Hold:** ekliptikai szélességét (she-ben) és hosszúságát is lejegyezték. Megfigyelték, hogy a Hold szélessége  $25;31,24$  she-t változik (amíg eléri a  $2^\circ$ -ot, majd a sebesség feleződik, s mikor eléri a  $6^\circ$ -ot, a szélesség elkezd csökkenni) míg a Nap  $30^\circ$ -ot halad. Ebből számították a holdpálya felszálló csomójának helyét. Rájöttek, hogy ez retrográd<sup>1</sup> mozgást végez (~ $1,5^\circ$ /hó). Tudták, hogy a Holdnak bizonyos szögtávolságon belül kell lennie az ekliptikához képest, hogy fogyatkozás jöhessen létre. Kiszámították a hónap hosszát is: két számított újhold időpont között eltelt idő – de ez nem volt elég pontos. Mivel tudták, hogy a fogyatkozások időpontjában pont új-, vagy telihold van, két fogyatkozásból, a köztük eltelt holdhónapok számának és az eltelt idő ismeretében számítható volt a hónap hossza. Több számításuk is a Szárosz-ciklus hosszára alapozott.

**„B rendszer”:** a babilóniai matematikai asztronómia másik rendszere, itt a Nap pálya menti sebessége fokozatosan, és nem hirtelen változik, több ponton is eltér az eddig vázolt A rendszertől. Valószínűleg ez volt a későbbi. Hipparkhosz is ismerte ezen rendszer eredményeit: 1 szinódikus<sup>2</sup> holdhónap az 29,53 nap, egy drakonikus<sup>3</sup> hónap 27,21 nap, így 223 szinódikus hónap egyenlő 242 drakonikussal és 269 anomalisztikus<sup>4</sup> periódus egyenlő 251 szinódikus hónappal. A Babiloniak követték a bolygók mozgását, lejegyezték a retrográd mozgás kezdetét és végét, a heliákus kelések és nyugvások időpontját, az oppozíciókat, a bolygók elongációját, stb. A mozgást több szakaszra osztották (gyorsuló, lassuló) és azokban

<sup>1</sup> Valamely égi koordinátarendszer északi pólusából nézve az óramutató járásával megegyező irányú mozgás.

<sup>2</sup> Két azonos fázis közt eltelt idő.

<sup>3</sup> A pálya menti keringés során felszálló csomótól felszálló csomóig eltelt idő.

<sup>4</sup> Perigeumtól perigeumig eltelt idő.

mérték a szögsebességet. A táblázatokból elég pontos keringési idők számolhatók – az persze kérdéses, hogy ezt már a korabeliek is megtették.

## Egyiptom (i.e. 3100-i.e. 332)

Hasonló a mezopotámiai civilizációhoz, a csillagászatnak, de legalábbis a feljegyzéseknek nem tulajdonítottak nagy szerepet. Jelentőségük: hadászat, építészet, művészet, irodalom, orvoslás és egyéb tudományok. Kis érdeklődésüket (bár ez nem a megfelelő kifejezés) jól példázza a nagyon kevés fennmaradt emlék vagy utalás. Ezek közül kettő: i.e. 1100: Amenhope – Az univerzum katalógusa: 5 csillagkép csillagai, nem említi sem a bolygókat, sem a Szíriuszt. I.e. 300: Harkhebi sírkövébe vésett dicsőítés az emberről, aki „minden megfigyelhetőt megfigyelt”, az összes csillag delelését, a Szíriusz heliákus kelését, A Nap mozgását. A templomok és piramisok pontos tájolása is csillagászati ismereteiken alapul.

A Szíriusz heliákus kelése jelentette az új év kezdetét. Kezdetben a hónapok a Hold járásához kötődtek, és az újhold előtti utolsó láthatóság napján kezdődtek (pontosabban akkor, amikor a Hold láthatatlanná vált). 12 hónap + 11 nap volt az egyiptomi év. Az évet 3 darab 4 hónapos részre osztották (áradás, növekedés, aratás). Ha a heliákus kelés a 12. hónap utolsó 11 napjában történt, akkor alkalmaztak egy 13. szökőhónapot. Később áttértek a 365 napos naptárra. Elkülönítettek az égen 36 dekánst (kisebb csillagcsoportot), melyek heliákus kelése nagyjából 10 nappal egymás után következett be, így minden éjjel negyven perccel később keltek. Diagonális táblázataik (egy oszlopban az egy éjjel kelő 8 dekánst, majd a következő oszlopban a 10 nappal későbbi éjszakára ugyan ez, stb.) segítségével így éjjel is mérni tudták az időt.

## Kína

**Bevezetés:** jóscsontok i.e. 1500-tól Anyang területéről: vendégcsillagok (szupernóvák, üstökösök). Állami csillagászat, országos megfigyelőhálózat, büntetések (Shu Jing almanach szerint Hi és Ho csillagászokat a császár lefejeztette, mert nem jelezték előre az i.e. 2137-es napfogyatkozást.), bizarr és nem tudományos feladatok (a 12 szél alapján a harmónia megállapítása az égre és a földre).

-Az égboltot 28, pólustól pólusig terjedő gerezdre osztották (xiu), a szögtávolságokat a xiu nyugati szélétől és a pólustól mérték. Egy teljes körben 365 és  $\frac{1}{4}$  du van, így 1 du megközelítőleg =  $1^\circ$ -al.

-I.e. 90-ből valóak az első pontos bolygómozgás észlelések, a táblázatok egy láthatóságot ölelnek fel, és precíz közelítést adnak a szinódikus periódusokra.

-I.e. 29-ben napfoltot észleltek, valószínűleg vagy sűrű ködön, vagy zöld jáde kövön keresztül.

-I.e. 20-ban már tudták, hogyan jönnek létre a fogyatkozások, de a filozófusok ezt tagadták, mondván a Hold nőnemű, a Nap férfi, így erősebb, és egy gyengébb nem győzheti le az erősebbet...

-I.sz. 206-ban már fogyatkozás-előrejelzéseket csináltak, 390-re már a %-os nagyságot is meg tudták becsülni.

**Mértékegységek:** decimális hosszértékek, az alap chi-t mindig az uralkodó határozta meg, így pl 25,46 cm a Tang dinasztiában (700 körül), 24,37 cm a Yuan dinasztia idején (1300 körül) és 35,8 cm a XIX. század végén.

-kisebb egységek: 1 zhang = 10 chi = 100 cun = 1000 fen  
 -nagyobb egységek: 1 li = 1800 chi (kb 0,44 km a Tang dinasztia idején)

### Időmérés és naptár:

-Dátumok: a hónap az újhollal kezdődött, az év azzal a hónappal, melyben a téli napforduló volt, majd **i.e. 104**-től két hónappal későbbre tették ezt az időpontot.

-Évek: az egyik évszámítási módszer az volt, hogy megadták az uralkodó nevét, és hogy uralkodásának hányadik évében járnak (pl. xy tizedik évében). Egy másik módszer egy 60 éves ciklus, mely 12 ágat és 10 törzset használt. Sok kalendárium mindkét dátumot megadja, és mivel senki nem uralkodott 60 évnél tovább, egyértelmű megfeleltetés lehetséges a két rendszer között. Az ágak: patkány, ökör, tigris, nyúl, sárkány, kígyó, ló bárány, majom, kakas, kutya, vadkan. Hogy ment az évek elnevezése?: 1. ág 1. törzs, 2. ág 2. törzs, ..., 10. ág 10. törzs, 11. ág 1. törzs, 12. ág 2. törzs, 1. ág 3. törzs, stb. (Diagonális táblázat, függőlegesen a tizenkét ág, vízszintesen a 10 törzs.)

	ja	yi	bing	ding	wu	ji	geng	xin	ren	gui
zi	1		13		25		37		49	
chou		2		14		26		38		50
yin	51		3		15		27		39	
mao		52		4		16		28		40
chen	41		53		5		17		29	
si		42		54		6		18		30
wu	31		43		55		7		19	
wei		32		44		56		8		20
shen	21		33		45		57		9	
yu		22		34		46		58		10
xu	11		23		35		47		59	
hai		12		24		36		48		60

-Hónapok: csak számozva voltak, nevük nem volt. A 12 hónap 354 napot ölelt fel (29 és 30 napos hónapok), ezért néha mérések alapján beiktattak egy interkaláris hónapot (jian).

-Napok: ezeket is a hatvanas rendszerrel nevezték el. 1 nap = 100 ke (majdnem ¼ óra) = 12 shi – melyeket az ágak neveivel neveztek el.

### Kozmológia: többféle spekulatív teória létezett:

-Gaitian (égi fedő) elmélet: a Föld és az ég két egymásra boruló szférikus felület (ennek ellenére sík felszínnel számoltak – csillagászat és földmérés teljes elszigeteltsége). **I.e. 1000** körül megadták a gömbök sugarát is (!): Föld: 225.000 li, ég: 305.000 li.

-Huntian (égbolt) elmélet: **i.e. 100** körül, az univerzum egy tojás, fehérje az űr, sárgája a Föld, mely a kozmosz folyékony anyagában lebeg. Itt sem sík a felszín, mégis úgy számoltak, mintha az lenne.

-Xuanye (mindenütt jelenlévő sötétség) elmélet: A Föld és az égitestek kondenzálódott porként lebegnek a kozmikus térben.

Megmérték a Nap magasságát is (!): 8 chi magasságú árnyékvető rúd árnyékának a hosszát mérték 2000 li távolságban, és trigonometriai számítások után 80.000 li-nek adódott a Nap magassága. Megint csak nem vették figyelembe a földfelszín görbületét.

**Almanachok:** minden uralkodó készítettet, az amatőröket lázadónak vélték. A hivatalos eredmények egy része nem jelent meg, nem volt elérhető a nyilvánosság számára.

-Xia xiao zheng (i.e. 700-i.e. 300.): főleg mezőgazdasági kalendárium, valamint áldozati és rituális utasítások. A Han dinasztia (i.e. 200-i.sz. 200.) idejére pontosodtak a megfigyelések, de még itt is megjelentek misztikus elemek, pl. hogy a dinasztia egy mitikus állat befogása után 275 évvel kezdődött, mely 2.760.000 évvel volt az idők kezdete után.

-San tong (i.e. 7.): adatok az égitestek mozgásáról, hosszúságadatokat sípok készítéséhez, mértékegységek, rituális „divat”-irányzatok (templomépítés, ruházat...).

-Egyéb források: Da ming (462), Tian bao (550), Da yen (724), Tong dian (1199). – itt található a legpontosabb évhossz érték: 365,2425 nap).

*Szökőhónap meghatározása:* észrevették, hogy 19 év az majdnem 235 hónap = 6939,75 nap. Bevezették a 4x19 éves bu periódust. Számolási módszer:  $(bu-ban\ eltelet\ évek / 19) \times 235$  és ha az osztás után a maradék 12 vagy nagyobb, akkor kell a szökőhónap. Így szökőhónap kell a 2., 5., 8., 10., 13., 16. és 19. évben. Ez egy elég pontos módszer.

*Az év hossza:* más nagyon korán tudták, hogy 365 nap + egy tört. Nem átlagot számoltak, hanem összefüggéseket: 81 hónap = 2392 nap, valamint 19 év = 235 hónap. Ebből  $(235/19) \times (2392/81) = 365,2502$  A törtrész nevezője a „ri fa faktor”.

*A hét fényesség:* a hét szabad szemmel megfigyelhető égitest mozgásához kapcsolódó hiedelmek, tapasztalatok. Ez azért volt fontos, mert a kínaiak szerint szoros összefüggés volt az égi és a földi jelenségek, események között. Pl. a napfogyatkozás, melyet egyébként egy sárkány okoz, kapcsolatban van az uralkodó rossz uralkodásával, ezért a császár általában egy íjászezreddel le is lövette a szörnyeteget... Kapcsolatba hozták még a miniszterek viselkedésével, a női-férfi konfliktusokkal, stb. Ha pl. a Mars sarló alakú retrográd mozgást végez, nem szabad hadakozni, mert elpártol tőlük a szerencse.

*Egyéb égi jelenségek:* Minden almanachban volt egy rész, mely az érdekesebb égi jelenségeket tartalmazta hat csoportba rendezve (szerencsét hozó csillagok, baljós csillagok, vendégszillagok, sodródó csillagok, szerencsés ill. baljós kipárolgások). Itt fedezhetjük fel a baljós szivárványok, halo-jelenségek, nóvák, szupernóvák és üstökösök korai leírásait.

**Hivatalos feljegyzések:** 28 darab hivatalos, krónika-szerű feljegyzés-könyv.

-Shi ji: csillagászati jelenségek és történelmi események leírása.

-Qian Han Shu (A korai Han története) + Hou Han Shu (késői...): égi és földi események közötti kapcsolatok.

-San guo zhi (Három királyság története): ebben nincsenek csillagászati adatok

-Jin Shu (Jin dinasztia: 265–420): három fejezet, mely csillagászattal foglalkozik, mindegyik elején idézetek a Yi jing-ből (Változások könyve). Kozmológiai elméletek és eszközök leírása (cirkumpoláris sablon – a pólus felé tartva kijelöli a fényesebb csillagok helyét az éggömbön) – armilláris szféra, éggömbszerkesztés leírása. Adatok az égbolt átmérőjére (330.000 li nagyságrend mellett 1/71 fen pontossággal adták meg!). Csillagkatalógus, csillagcsoportok helyzetének ránk gyakorolt hatásának leírása. A Tejút égi folyóként szerepel, a Jupiter

keringése szerint 12 házra osztották az égboltot. A 7 fényesség és egyéb, pl. halo-jelenségek leírása. Konjunkciók, oppozíciók, heliákus kelések, retrográd mozgások, bolygók helyzete a xiu-kban, vendégcsillagok (nóvák, esetleg üstökösök, ha mozogtak) megjelenésének leírása, körülbelül 75 ilyenről született feljegyzés, az első még i.e. 532-ből.

Fontos szerepe volt a 8 chi (standard) magasságú gnomon árnyékának feljegyzésének.

**Tang dinasztia felmérései (~700):** geodéziai mérések, rájöttek, hogy az árnyék hossza adott időpillanatban a pólusmagasságtól is függ (az ekliptika hajlását 24 du-nak vették, a mai adat  $23^\circ 26' 29''$ ). Meghatározták. Hogy mekkora földfelszíni távolság felel meg 1 du pólusmagasság-változásnak.

**Szolsztícium időpontjának meghatározása:** Zu Chongzi (430-501) nevéhez kötődik, a napforduló környékén mérték az árnyék hosszát délben, és a mérési adatokat ábrázolva, a kapott görbét szimmetrikusnak tekintve a görbére két oldalt illesztett érintő egyenes a keresett időpontnál metszi egymást. Ez a módszer nem volt túl pontos.

**Yuan dinasztia (1280-1368):** ez volt a kínai csillagászat fénykora. Ekkor járt arra Marco Polo is. Hivatalos történetüket megörökítő könyvek mellett a Yuan shi két fejezet csillagászati és 6 fejezet naptártudományi adatot is tartalmaz. Pontos adatok a nap mozgásával kapcsolatban. Nagy fontosságú a pólusmagasságok leírása. Nem tudjuk, milyen úton jutottak ilyen precíz eredményekhez.

**Az ekliptika hajlása:** Shou shi kalendárium értéke 23,903 du, ami nagyon pontos! A nap magasságát mérték napforduló idején, de lévén ilyen pontos mérések nem születhettek, ennek az eredménynek valamilyen más, számunkra ismeretlen számoláson kell alapulnia.

**Mozgások:** nagyon pontos mérések, magasabbrendű egyenletmegoldásra utaló számítások. Jupiter mozgása: chi – gyorsuló, ji – lassuló, chu – kezdődő mozgás, mo – végződő.

A **XVI. század végére** a nyugat megjelent Kínában, elindult a hanyatlás, elkezdték a jezsuiták a ptolemaioszi rendszer tanítását, 1595-ben Matteo Ricci egy írásában lenézte a kínaiakat, amiért azt hiszik, hogy vákuum van az űrben, és csak egy szféra van...

## India

Úgy képzelték a világot, hogy a mindenséget egy kígyó fogja körbe, mely a saját farkába harap (ez a ciklikusságot szimbolizálja), a feltekeredett részen egy teknős hátán egy sor elefánt tartja a Földet és a felsőbb világokat.

Több mű is született az évszázadok alatt, ezek közül fontosabb a könnyű olvashatósága miatt akkoriban igen populáris Khandakhadyaka (~cukorral készült étel), melyet Brahmagupta (598-665) írt, de a legfontosabb az Aryabhatíya, melyet a Kasumapura-i Aryabhata (476-550) írt, s nagymértékű önálló fejlődésről árulkodik, mely valószínűleg Ptolemaiosztól függetlenül ment végbe.

### Az Aryabhatíya

Szanszkrit nyelven íródott, részben verses. Tartalmazza a számok jelölését – erre betűket használtak: 1-től 25-ig, majd a tízesek 30-tól 100-ig, végül volt még 9 betű, mely hatványszorzó volt, s így akár  $10^{16}$  nagyságrendet is egyszerűen tudtak jelölni.

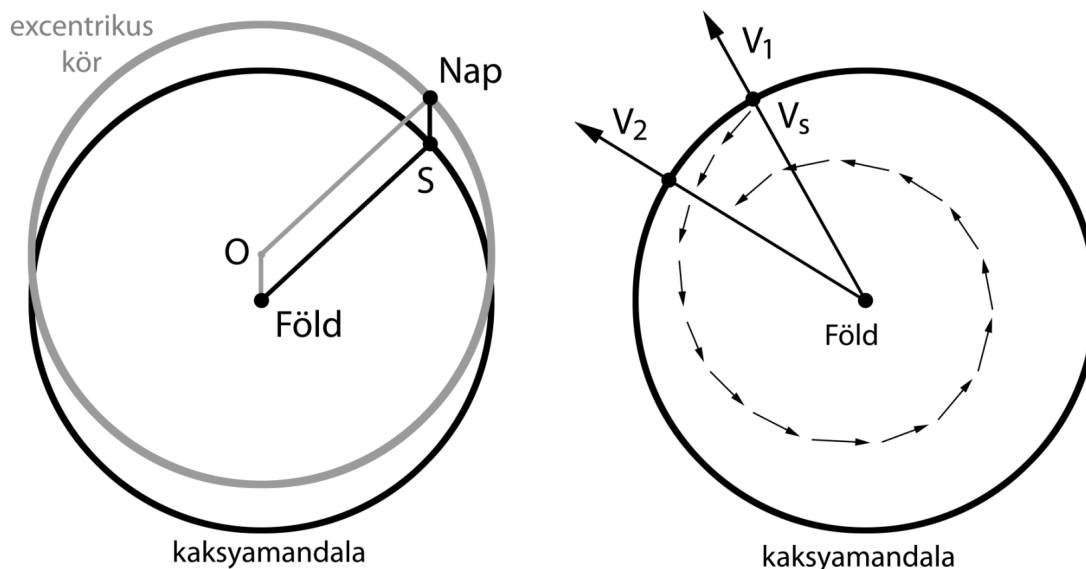
-Tudták, legalábbis így hitték, hogy egy kaliyuga alatt (432.000 év) a bolygók hány keringést végeznek, sőt a holdpálya csomóvonalának, a rahu-nak is észlelték a mozgását, és valami démonnak tekintették, mely felfalja a Holdat fogyatkozáskor.

-Alapegység a yoyana volt, mely egy ember átlagmagasságának 8000-szerese. Az égbolt kerülete tízszerese annak, amit a Hold egy yuga alatt ívpercben megtesz (12,5 milliárd yoyana).

-Úgy vélték, hogy a bolygók keringési sebessége megegyezik, így a pályák sugarát is kiszámolták az égbolt területéből és a keringések adataiból. Kiszámolták még, hogy a Föld átmérője 1050, a Nap átmérője 4410, a Hold átmérője pedig 315 yoyana. Ezekből a nappálya sugara 5.500.000 km, ami elég messze áll a valóságtól, azonban a Föld átmérőjére kapott 12.600 km meglepően jól közelít a reális értékhez. Az ekliptika hajlását  $24^\circ$ -nak vette, valamint voltak trigonometriai táblázatok is.

**Az égitestek mozgása:** igen bonyolult rendszer, egymásra épülő korrekciók.

-A *Nap*: a Föld körül kering S pont egyenletes sebességgel, míg az S pont körül a Nap úgy, hogy az FO és az SN mindig párhuzamos legyen. Az ábra az ekliptika síkjában fekszik.



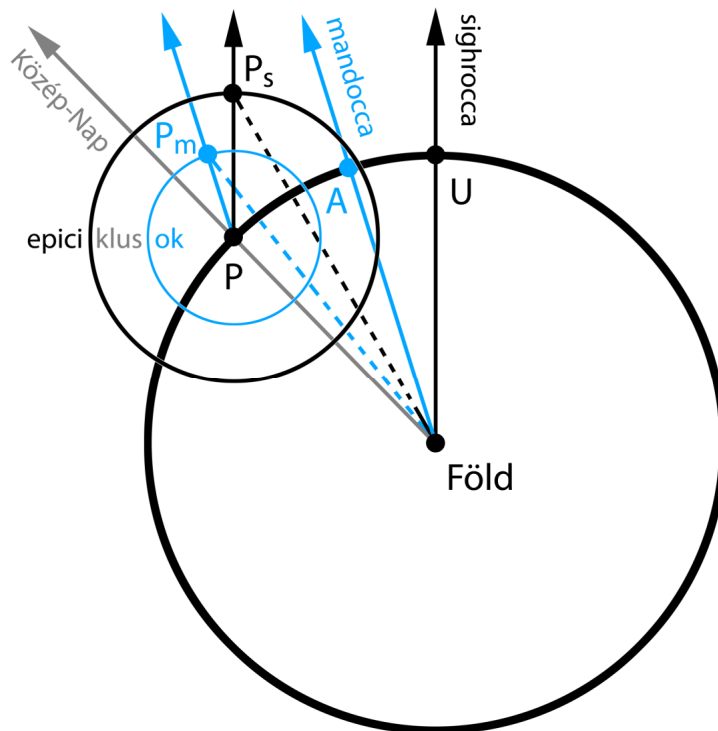
-*Hold*: ugyan így, csak a mozgás leírásához itt nagyobb epiciklust kellett használni.

-*Bolygók*: Először is tekintsük  $V_1$  és  $V_2$  Vénusz helyzeteket (ábra fönt) egymást követő felső együttállások alkalmával. Legyen  $V_s$  a Vénusz sighthrocca-ja.  $V_s$  ekkor úgy kering egyenletes sebességgel, hogy minden felső együttállásban  $FV_s$  a Nap felé mutat.

A szemmel látható bolygó a sputagraha. „P” a közép bolygó, „FP” mindig a Közép-Nap felé mutat, „PFP<sub>s</sub>” a sighthra korrekció, „PFU” a sighthrakendra, „PFP<sub>m</sub>” a mandra korrekció és „PFA” a mandakendra. A sighthra a gyors epiciklus, a manda a lassú epiciklus.

P két epiciklust hordoz, melyek P korrekciójára szolgálnak, hogy megkapjuk a bolygó hosszúságát. A mandocca minden bolygónál egy táblázatokban meghatározott pont. Az elmélet a külső bolygóknál is így működik, csak ott P nem mutat a Közép-Nap felé, hanem a saját tempójában megy körbe, valamit  $P_s$  mindig a Földtől a Közép-Nap irányába fog mutatni.





A bolygók hosszúságát több számítás után kaphatjuk. A keringési periódusokból P bármely pillanatra tudható, tudni kell még a mandocca irányát, de ezt is adott. Három egyszerű módszer van (1, P-re mindkét korrekciót kiszámolni; 2, manda korrekció P-re, majd sighra az új pontra; 3, fordítva...), de Aryabhata nem ezeket használta.

Legyenek  $P_1, P_2, P_3$  pontok a kaksyamandalán úgy, hogy:

- $P_1FP$  legyen  $\frac{1}{2}$  manda korrekció a P pontra
- $P_2FP_1$  legyen  $\frac{1}{2}$  sighra korrekció a P2-re
- $PP_3$  legyen a manda korrekció
- $P_3FL$  legyen a sighra korrekció
- Ekkor L a bolygó hosszúsága

+Maga a könyv minden szükséges adatot tartalmaz a számolásokhoz, így trigonometriai táblákat is!

### Egyéb periódusok:

- 4.320.000.000 éve volt a Kalpa, a teremtés.
- Yugák: Satya (1.728.000), Treta (1.296.000), Dyapara (884.000), Kali (432.000 év). Egyre jobban romlik az emberek életszínvonala, sok ciklus után az egész kezdődik előlről, majd eljön a Nirvana, és mindennek vége lesz. Ez a 4 yuga = 1 maháyuga.
- Hosszú periódusok: Vaskorszak (360.000), Érczkorszak (720.000), Ezüstkorszak (1.080.000), Aranykorszak (1.440.000 év). Ezek, plusz mindegyik  $\frac{2}{10}$ -e, mint hajnali és esti szürkület adják ki a 10 káliyugát, melynek ezerszerese a világnap, mely kb. egyenlő a Föld korával!!!
- Megadták a 20.000 egység sugarú kör területét: 62.832, melyből  $\pi$  értéke 3,1416.

**Világkép:** központi hegyük az 1 yoyana magas Meru, úgy hitték, hogy Brahma nappalán a Föld mérete 1 yojanával nő, éjjelen csökken. Felismerte, hogy a Föld tengely körüli forgást végez, illetve hogy minden mozgás relatív! Sejthető, hogy felmerült egy heliocentrikus

világkép is! A belső bolygók leírásánál a sigrócca periódusa megegyezik a Nap körüli keringés időtartamával!!!

**Íratlan csillagászat:** sok minden elveszett az idők folyamán. 1850-ben egy angol tiszt feljegyezte, amint egy kalendáriumkészítő kagylók segítségével számított előre fogyatkozásokat, anélkül, hogy a számítás matematikai hátterét ismerte volna.

### Kiegészítés:

-A Védák keletkezése (i.e. 2. évezred-i.e. IV. század): 12 db 30 napos hónap, újholdtól újholdig...

-A Védák után (i.e. IV. század-i.sz. II. század): 366 napos év, 1 yuga = 1830 nap, mert ez 67-szerese a Hold keringési periódusának és 62 szinódikus hónap, valamint 5x366 nap. A napok folyamatosan eltolódtak, mert hosszuk a holdhónap 1/30-ad része volt (23h 37m). 28 holdházat különböztettek meg, az Nap-év a Nap egy bizonyos házba való belépésekor kezdődött a téli napforduló idején.

+Virágkor (i.e. III. századtól): 9 különböző időszámítási rendszer, legfontosabbak a Nap-év (átlagosan 365,258 nap hosszú) és a Hold-év (365,3670) voltak, előbbi ekkor már a Napnak a Kos jegybe való lépésekor kezdődött. A Kali yuga kezdetét i.e. 3102-re tették.

## Maja csillagászat (i.e. III. évezred-i.sz. XVI. század)

-Virágkor: i.sz. 300-900. Közép-Amerika.

-Világkép: Az aztékok úgy vélték (és valószínűleg a maják is), hogy az univerzum 13 mennyország és 9 alvilága között lebeg a Föld egy krokodil hátán, vagy a Föld maga a krokodil háta. Ciklikus, újrászülető szemlélet.

**Naptár:** bonyolult és sokrétegű naptárrendszer.

-Szakrális (tzolkin) naptár: 20 névből és 13 számból állt, a napok hasonló módon álltak össze, mint kínai naptár évei (diagonális táblázatok... - 1 Imix, 2 Ik, 3 Akbal... és a 13 szám után újra 1 és a következő név: Ix...). Így ez egy 260 napos periódust ad.



-Civil (haab) naptár: ugyan úgy számolták a napokat, mint mi, 18 darab 20 napos hónapot (uinal) tartalmazott, ezen felül volt még 5 extra, szerencsétlenséget hozó nap is.



A feljegyzéseikben egymás mellett mindig megadták mindkét időpontot is (pl.: 1 Imix 4 Pop), így a két naptár kombinálásával egy 52 éves periódus született (18.980 nap), csak ekkor

jelentek meg újra ugyanazok a napok, ekkor volt az Új tűz ünnepe (szertartások, áldozatok...).

-*Hosszú számlálás*: ez egy Julián Dátum szerű napszámláláson alapuló rendszer, nullpontja i.e. 3114. augusztus 13. (v. 11.).

**Egyéb egységek:** 1 uinal = 20 nap, 1 tun = 360 nap, 1 katun = 20 tun, 1 baktun = 20 katun. A dátumok leírásánál is a 20-as számrendszer helyiértékei számítottak. Példa: 9 baktun 14 katun



19 tun 5 uinal 0 nap = az ábra, bár a valóságban vertikális elrendezést alkalmaztak volna. A nullának megfelelő piktogram egy kagylót formáz, több alakja is megfigyelhető.

**Hold:** a holdhónap miatt részletesen foglalkoztak a hold mozgásával. Szakrális oszlopokon vannak a feljegyzések, ilyen a Palenque. Bizonyos hosszú számlálás pillanatokban lejegyezték a holdhónap sorszámát és a napot. A hónapokat 1-től 6-ig számozták, majd újra 1-től 6-ig... Úgy számították ki a holdhónap hosszát, hogy két egymástól időben igen messze lévő megfigyelésből kiszámították, hogy hány nap telt el a megfigyelések között, és ha ugyan olyan „korú” volt a Hold (mármint ugyan azon holdhónap ugyan azon napjára estek a megfigyelések), akkor a két pillanat között a hat hónap egész számú sokszorososa telt el. Kiszámolták a hosszú adatsorok átlagolásából, hogy a 6 hónapos periódus az 177,18 nap, ebből számolásokkal adódott, hogy 1.109.179 nap = 37.560 hónap amiből 1 hónap = 29,53 nap.

- A** **Fogyatkozási táblázatok:** (Drezdai, Párizsi és Madridi Kódexben találhatóak meg ezek) Itt az A és C blokkban (fölről lefelé haladva) számok szerepelnek, az A-ban az addig eltelt összes nap, míg a C-ben az előző esemény óta eltelt napok, míg a B blokkban a szakrális dátumok  $\pm 1$  napra. A feltüntetett időpontok között 177, vagy 148 nap telt el, innen tudjuk, hogy ez egy fogyatkozási naptár. Itt a Drezdai Kódex 53. oldala látható.
- B**
- C**



**Vénusz:** a láthatóság szerint négy részre osztották a szinódikus periódust. Oszlopokba írták a napokat, és számmal jelezve tüntették fel az időpontot, mikor a Vénusz: eltűnt, megjelent, eltűnt, megjelent... Ebből levezethető, hogy nagyon pontosan ismerték a periódust, és jó szemükkel még a fázist is láthatták. Felosztásuk számmisztikai is lehetett.

**Pontosság:** nincs értelme pontosságról beszélni, a hosszú számlálásnál ilyen nem létezik, egyébként évük úgy volt 365 napos, hogy nem foglalkoztak azzal, hogy elcsúszik a hónapokhoz képest. Egyesek szerint 40-szer pontosabb volt a Julián-, és 1,5-szer pontosabb a Gregorián naptárnál. Szakrális okai voltak a pontosságnak, hisz egy isteni váltó hordozta az időt, aki megsértődhetett volna a pontatlanságok miatt... Interpretáció a Copan sztéléről: 235 hónap = 19 év, 149 hónap = 4400 nap, ebből a kínai két törtes módszerhez hasonlóan 1 év = 365,2420 nap! Nem bizonyított, hogy végigvitték volna ezt a gondolatmenetet, de így 5000 évenként lenne csak egy nap hibája a rendszernek.

**A Nap köve:** azték eredetű, de gyökerei a majákhoz nyúlnak vissza. 3,5 m átmérőjű, 25 tonnás, középen a napisten, nyelve kinyújtva, hogy vért lehessen csöpögtetni rá, körülötte elrendezve az évszakok, a hónapok, majd a hónapok napjai.

## Arab csillagászat

-Az építészetben szaracén. Fő érdemük, hogy átmentették a görög csillagászatot a modern korba a nyugat számára. A kultúra szerves részét képezik a perzsák, mók, kurdok, törökök – az egész mohamedán világ.

-Naptárunk kezdőpontja a Hidzsra (kivonulás) – **622. július 16.** mikor is Mohamedet (†632) elűldözték Mekkából Medinába.

-A csillagászat az Indiával való kapcsolat hatására alakult ki. A legkorábbi jelentős munka a *Zij al sind-kind* (szerzője **al-Khwarizmi ~800**). A zij csillagászati táblázatot jelent, a sind-kind pedig a szanszkrit siddhanta, azaz lényeges következtetés átültetett szava.

-Az arab számjegyek is indiai hatásra jöttek létre (néhol, pl. Kairóban még most is látni ilyen számjegyekkel nyomott rendszámtáblákat...), kezdetben még a 60-as számrendszert használták, és csak azután tértek át a 10-esre.

-Az eddig megszokott trigonometriai táblák kivétel nélkül hűrtáblázatok voltak, de **Al-Battani** (858-929) már szinusz-táblázatokat használt, egyebek mellett rájött a gyűrűs napfogyatkozás eredetére is.

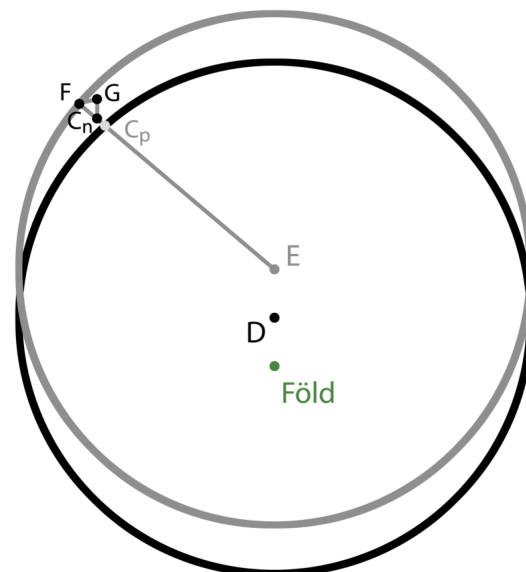
+Lefordították *Ptolemaiosz Almagest* (a legnagyobb) c. főművét, nem nagyon fejlesztették tovább, de több ponton nem értettek egyet vele, ezért korrigálni próbálták.

**Ibn al-Haytham (965-1040):** írt „Kételyek Ptolemaiosszal kapcsolatban” címmel, nem értett egyet az ekváns használatával, és úgy vélte, hogy a mozgásokat nem lehet csak körmozgásokkal leírni.

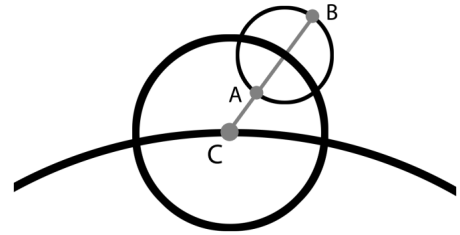
**Al Sufi (903-986):** ő említette először az Androméda-galaxist és a Magellán-felhőket.

**Nasir al-Din (1201-1294):** átdolgozta Ptolemaiosz elméletét. D a ptolemaioszi deferens középpontja,  $C_p$  a ptolemaioszi epiciklus középpontja,  $C_n$  az al-Din-féle epiciklus középpontja, E a ptolemaioszi ekváns. EF állandó, hossza a ptolemaioszi deferens sugarával egyenlő, egyenletesen forog E körül.  $FG = GC_n = \frac{1}{4} EF$ . FG kétszer olyan gyorsan forog F körül, mint EF az E körül, de ellenkező irányba, és 0 pillanatban a FöldEFG egy egyenesbe esett.  $GC_n$  párhuzamos EFöld-vél, és  $C_n$ , mely az epiciklus középpontja egyenletesen kering G körül, mely egyenletesen F körül, mely egyenletesen E körül.

**Qutb al-Din (1236-1311):** módosította ezt az elméletet.



**Ibn al-Shatir (1304-1376):** újabb epiciklus bevezetésével oldotta meg azt a problémát, hogy a Hold nem mindig egyforma távolságra van a Földtől. Az ő elképzelésében a Hold félholdkor az A, teli- és újholdkor a B pontban tartózkodott.



+Megfigyelések és obszervatóriumok: precízió!

**al-Ma'mun** kalifa Bagdadban építtetett csillagvizsgálót (829)

**Nasir al-Din** Maragha-ban építtetett egy megfigyelőhelyet (1259)

**Ulugh Beg (1394-1449):** egy hatalmas obszervatóriumot építtetett Samarkand-ban. Delelési magasságokat mértek, a meridiánkör mentén elhelyezett kvadráns rádiusza 40,4 méter volt, két oldalt lépcsőkkel, ahol a segítők a megfelelő fokra teheték a finombeosztással és állítási lehetőséggel ellátott „nézőkét”. 76x36 méteres területen terült el a létesítmény, a kor több jelentős csillagásza is dolgozott itt. Ulugh Beg állítólag egy Hafiz volt, tehát fejből tudta a Koránt. Meghatározta a tropikus év hosszát (365d 5h 49m 15s szemben a mai értékkel, ami 365d 5h 48m 46s). Sokat észlelték a legfényesebb bolygókat, 1437-ben kiadtak egy csillagkatalógust 1018 objektumról. Szinusztáblázatai 8 tizedesre pontosak. Három évre Turkesztán helytartója lett, politikai pályafutása okozta halálát – megölték. Az ekliptika dőlését valószínűleg pontosan meghatározta.

Számolásaik pontosabbak voltak a görög kalkulációknál, hiszen hosszabb adatsor állt rendelkezésükre. **Al-Battani** például az év hosszát a napéjgyenlőségek időpontjából számolta, de Ptolemaiosz adatai nem voltak elég pontosak, így ő sem juthatott a megfelelő eredményre.

+Egyéb táblázatok:

-Nagy Hakemite táblázat (**Ibn Yunus ~1000**)

-Toledói táblázatok – **al-Zarqali**

-Alphonsin táblázatok (1272) – X. Alfonz spanyol király rendelkezésére készült.

**Összefoglalás:** nagy fejlesztések a navigációban (hisz mindenkinek Mekka felé kellett néznie). Fő érdemeik: 1, Ptolemaiosz munkájának megőrzése. 2, A holdmozgás leírásának fejlődése. 3, paraméterek pontos kiszámolása.

**Mohamedán naptár:**

-Kiindulópontja a Hidzsra, a **VII. században** vezették be.

-Tiszta Hold-naptár.

-A hónapok hossza felváltva 29, ill. 30 nap, szökőévekben az utolsó 29 napos hónapoz adtak még egy napot. Így az év 354 vagy 355 napból áll.

-Két rendszer van a szökőév beiktatására:

1. *Török ciklus:* egyes országokban minden 8. év szökőév.

2. *Arab ciklus:* 30 éves periódusokban a 2., 5., 7., 10., 13., 16., 18., 21., 24., 26. és 29. év szökőév. E szerint 32 Nap-év alatt az ünnepek az összes évszakon végigvonulnak, a Hold-év egy teljes évet csúszik.

-A holdváltásokkal nagyon jól összhangban van, hibája 2500 év alatt mindössze 1 nap.

## Görögök:

„Ha a hadvezérek a történelem mozdonyvezetői, akkor a gondolat hódítói a váltókezelők.”

-A babiloniak, egyiptomiak és zsidók számára a földi világunk egy hatalmas, tengeren úszó kígyóhoz volt hasonlatos, és felülről az égboltot is víz határolta (az egyiptomiak az égboltot Nu istennő meghajlott testeként képzeltek el).

-Világ szemlélet váltás az i.e. VI. században (ez Buddha, Konfucius és Püthagorasz kora).

-Ionista iskola: racionális okok keresése, a természet leigázásának gondolata.

**Milétoszi Thalesz (i.e. 624-547):** a nedvesség minden dolog lényege és alapja, a vízből keletkezett az óceánon lapos korongként úszó Föld is. Állítólag előre jelzett egy napfogyatkozást.

-Megjelennek a természettörvények, melynek az egész anyagi világ engedelmeskedik. Materializmus, ateizmus.

**Anaximandrosz (i.e. 610-545)** és **Anaximenész (585-525):** a milétoszi iskola képviselői. Szerintük a föld, a levegő és a tűz a világ alap- és építőelemei. Anaximandrosz minden létező eredetének a kimeríthetetlen őanyagot tekintette (éter), geocentrikus világmodelljében a Földet korongszerűnek a csillagokat pedig radiálisan kifelé irányuló tűzcsöveknek fogta fel. Anaximenész felismerte a halmazállapot-változások jelentőségét (levegőből lesz tűz, vagy víz és föld). Fizikai elvek szerinti építkezés, az anyagi elemek folyamatos egymásba való dinamikus alakulása.

**Számoszi Püthagorasz (i.e. 582-497):** a jelenségek mennyiségi oldalának kutatása – misztikába hajló elméletek. Anaximandrosznál a Hold, Nap és a csillagok távolsága a földkorong átmérőjének 9, 18, ill. 22-szerese. Püthagorasz szerint a világ rendje, a természet egésze a számokra (itt az egészekre gondol) és azok arányaira vezethető vissza. Alapvető rendezőelvek keresése, tanítványai így bizonyítottak: „A Mester mondta.” Kimagasló eredmények a geometriában, húrok hangmagasságával és hosszával kapcsolatos felfedezések (2:1 – oktáv, 3:2 – kvint, 4:3 – kvart), négyzetszámok, háromszögszámok, hosszúkás számok... (pl. milyen alakzatban lehet elhelyezni a számoknak megfelelő számú követ). Püthagoraszi elv, hogy a mennyiségi viszonyok alkotják a dolgok lényegét, a világegyetem és a zenei harmóniák párhuzamba állítása. A Föld gömb alakú, a hét vándorló égitest a Föld körüli koncentrikus szférákon, azokra erősítve kering, ezeken kívül helyezkedik el az állócsillagok szférája. A rendszert levegő tölti ki, és a mozgó égitestek a szférák zenéjét keltik (s a bolygópályák felfoghatók úgy, mint hatalmas lantok húrjai). A püthagoreusoknak köszönhető a matematika és a fizika megalapozása, a kör és a gömb jelentőségének felismerése. Az égitestek mozgása szigorú törvényeknek engedelmeskedik, felderítés a természettudomány módszereivel! Az i.e. V. század közepére az iskola misztikus oldala került előtérbe, és felmerültek egyéb problémák is, mint az irracionális számok, a négyzet átlója vagy a „pí” nagysága.

**Filolaosz (krotoni, i.e. 500-400):** ő volt az első, aki kétségbe volna a Föld centrális helyzetét, úgy gondolta, hogy a centrumban valamiféle központi tűz lobog, melyet az Ellenföld takar el, és a tűz körül kering minden bolygó (így a Föld is). Rendszerét kívülről szintén tűz határolja, melyet csillagok formájában látunk átfényleni a szféra kisebb nagyobb résein keresztül. Legfontosabb gondolata, hogy a Föld maga is bolygó, nem az univerzum mozdulatlan közepe. Nála és az utána következő Herakleidész esetén a megfigyelés nagy fontossággal bír.

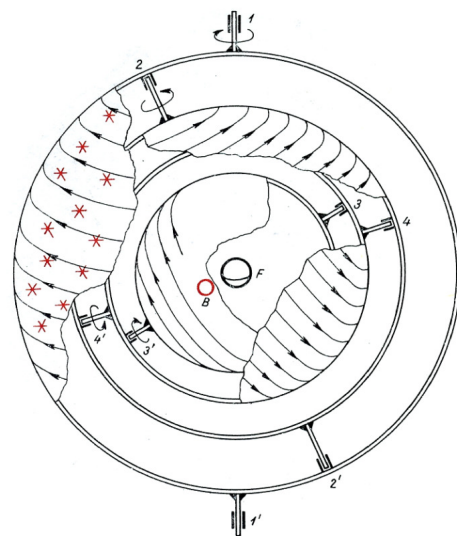
**Pontuszi Herakleidész (i.e. 375-310):** szerinte ugyan a Föld a középpont, de tengely körüli forgást végez, és a Merkúr és a Vénusz nem a Föld, hanem a Nap körül kering.

**Platón (i.e. 427-347):** nála már a megézés hangsúlyosabb, mint a megfigyelés. Ismét a megfelelő rendező elvek kerülnek előtérbe, geocentrikus világkép. Művei: Politeia és Timaios – főleg Püthagoraszra támaszkodik. Alapvető szerepet kap nála az istenség, tökéletesség, örökkévalóság, jóság, gazdaságosság és a szépség. Mivel Isten (aki az égitesteket pályájukra helyezte) tökéletes, a bolygópályáknak is tökéletesnek kell lenniük, ugyan így az égitestek alakjának és mozgásának is. Axiomatikus kozmológia. Szerinte a Föld tökéletes gömb (arról nem ír, hogy ha ez így van, akkor mi van a hegyekkel...).

**Arisztotelész (i.e. 384-322):** tapasztalat hangsúlyozása. Metafizikájában ugyancsak a kozmikus tökéletesség alapelveire támaszkodik. Világképe hierarchikus, az eszményinek képzelt társadalom mintájára épül fel. A legkülső szféra nála az isteni szféra, mely mozdulatlan, innen sugárzik ki a mozgató erő. A Föld központi helye így alárendeltséget tükröz. A szublunáris régióban minden változékony és hibákkal terhes, míg ezen kívül minden tökéletes és változatlan. A szublunáris tartományban található meg a négy elem, mely egymásba kölcsönösen átalakulni képes, és természetes mozgásuk meghatározott egyenes vonalak mentén megy végbe. A Föld lefelé, a víz felfelé, míg a levegő és a tűz horizontálisan mozog. A Hold szféráján az éter tökéletes körök mentén mozog. A tudományos kutatás célja a dolgok valódi természetének vizsgálata, így a mai fizika kialakulását a mozgások miéértjére adott válasza – miszerint a dolgok természetüknél fogva viselkednek úgy ahogy – akadályozta.

-Hamar észrevették, hogy az észlelés, a tapasztalat nem vág egybe az elmélettel (pl. bolygók helyzete, mozgása...).

**Knidoszi Eudoxosz (i.e. 410-356):** ő hangolta össze a platóni tanokat a geocentrikus elképzeléssel. Modelljében a bolygók bonyolult mozgását a rotációs tengelyükkel egymáshoz erősített szférák összetett rendszere segítségével magyarázza. A forgástengelyek közös metszéspontja képzeletben a Föld középpontja. A forgások iránya így nem állandó, a létrejött modell kardán-felfüggesztéshez hasonlatos. 27 szférával dolgozott, Arisztotelész már 54-el. Az ábrán látható az elképzelés, itt a legkülső szféra forgása felel a 24 órás mozgásokért, a 2. szféra a bolygóknak az állócsillagokhoz képest végzett átlagos eltolódásáért, míg a 3-4. szférák ellentétes irányú mozgásukkal pedig a hurokmozgásért.

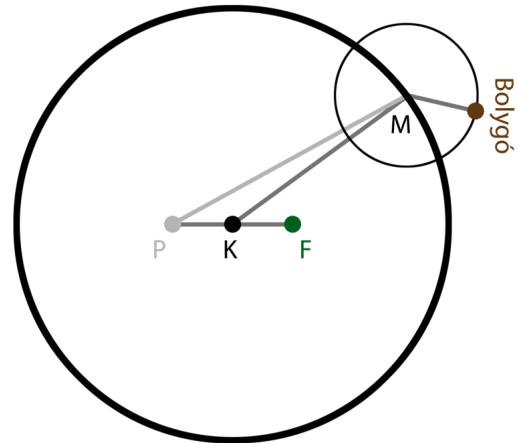


**Szamoszi Arisztarkhosz (az ókor Kopernikusza, i.e. 310- 230):** A Napot tette az univerzum középpontjába. A megfigyelés és a mérés elengedhetetlen a tudományos megfigyelés folyamatában. Geometriai okoskodással és mérésekkel megállapította, hogy a Nap jóval nagyobb, mint a Föld (a Föld alig nagyobb a Holdnál, melynek látszó átmérője megegyezik a jóval távolabb lévő Nap látszó átmérőjével, így a Nap nagyobb kell legyen, mint a Föld), melyből következett, hogy a Nap nem keringhet a nála jóval kisebb Föld körül. Rájött, hogy a csillagok parallaktikus elmozdulása azok nagy távolsága miatt nem érzékelhető. Istenkáromlás címén üldözték. Platón és Arisztotelész tekintélye túl nagy volt. „A

legvilágosabb és legegyszerűbb dolgokkal szemben az ember néha oly vak, mint a denevérek napvilágnál.”

-A bolygók látszó fényessége periodikusan változik, és ezt sehogy nem lehetett összeegyeztetni a kialakult geocentrikus világmodellel, hisz ehhez távolságuknak is változnia kell!

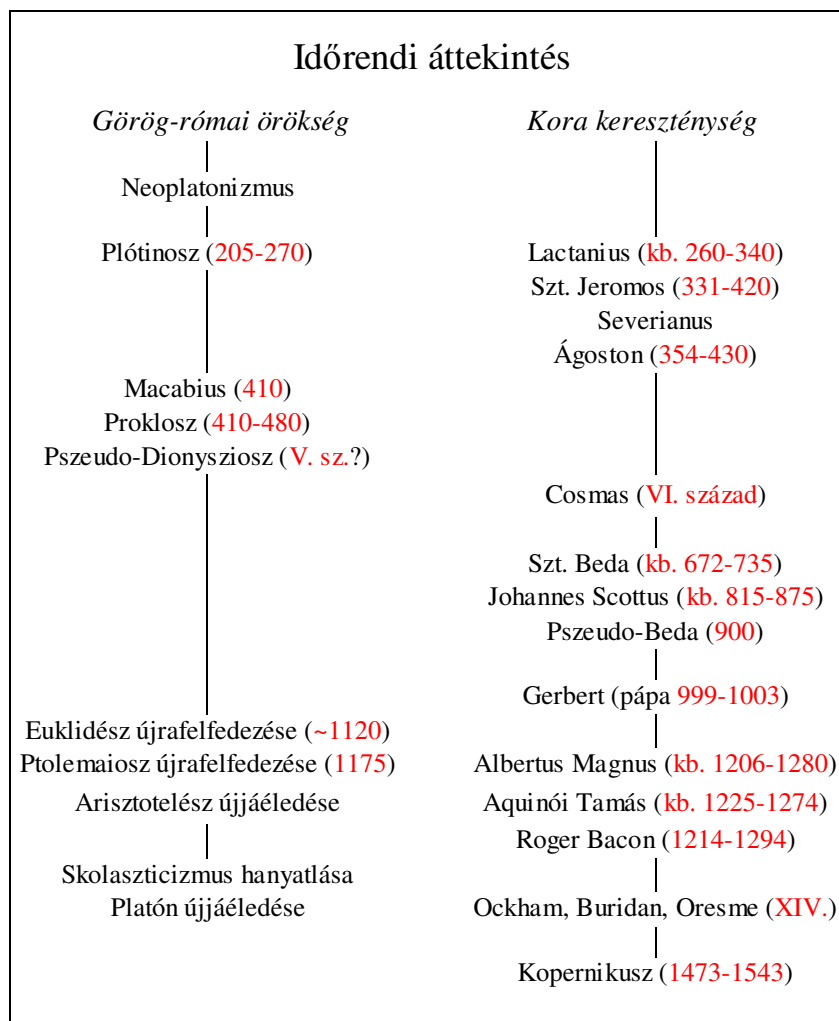
**Alexandriai Ptolemaiosz (i.sz. 87-165):** oldotta meg az imént vázolt problémát. Gömbök helyett kerekre erősítve képzelte el a bolygókat. Syntaxis Mathematicae c. műve szerint: először kell egy excentrikus deferenskör a Föld körül, és e kör kerülete mentén mozog az epiciklus középpontja. A Kepler által kimondott felületi tétel burkoltan itt is megtalálható, hiszen nem M kering egyenesen K pont körül, hanem PM vezérsugár forog egyenesen a P pont körül. Ptolemaiosz pusztán matematikai leírásnak tekintette elméletét – tisztán kinematikai modell.



-Azt mondhatjuk, hogy a jelenlévő két irányzat miatt a hellenisztikus csillagászat azzal foglalkozott, hogy minél bonyolultabb sémákat készítsen, melyek számításba veszik a megfigyelések eredményeit, de nem kerülnek ellentmondásba az egyszerűség, szépség és tökéletesség követelményeivel. A csillagászat volt a matematika és a fizika „köszörűköve”. Ptolemaiosz modelljében volt még egy érdekes kitétel, miszerint a Merkúr és a Vénusz epiciklusainak középpontja mindig a Nap felé mutatott (azaz a Föld és a Nap közötti egyenesre esett). Kérdés maradt, hogy miért akkor vannak a külső bolygók legközelebb a Földhöz, mikor szembenállásban vannak. Ezen kérdések már Kopernikusz korára maradtak...



## A középkor:



## A szögletes univerzum

### 1. ISTEN VÁROSA

Platón azt állította, hogy a halandó emberek nem hallhatják meg a szférák zenéjét, mert érzékszerveik túlságosan durvák – a keresztény platonisták szerint ezt a képességüket a bűnbeeséskor veszítették el. Tulajdonképpen azt is mondhatjuk, hogy így maga Platón vezetett a filozófia bukásához, melynek következtében követői süketé és vakká lettek a természet harmóniája iránt. A bukáshoz vezető bűn a természetfilozófia és a vallásos bölcsélet püthagoraszi egységének lerombolása volt, a Mindenség kettészakítása hitvány alsó és örök, isteni felső világra, melyek különböző anyagokból állnak és különböző törvények uralkodnak felettük.

Ez a „borús dualizmus” a neoplatonisták közvetítésével jutott a középkorba. Maga a neoplatonizmus az i. sz. III. századtól a birodalom bukásáig uralkodott a korabeli Európa három tudományos központjában: Alexandriában, Rómában és az athéni Akadémián.

A középkor a neoplatonizmusnak éppen azon elemeit vette át, melyek összhangban álltak a Mennyei Királyság felé irányuló misztikus törekvéseivel, és rímelték a hitvány és alacsonyrendű földi élet reménytelenségének érzésére. Habár a neoplatonisták között legnagyobb tekintélyű **Plótinosz** azt állította, hogy az anyagi világ bizonyos mértékig magán viseli Teremtője szépségét és jóságát, nevét mégis az a kijelentése tette emlékezetessé, hogy szégyelli magát, mert teste van.

A neoplatonizmus ebben a torz és szélsőséges formában ágyazódott be a kereszténység gondolatvilágába, s vált a legfontosabb kapoccsá az antikvitás és a középkori Európa között.

## **Nikolaj Kopernik (Kopernikusz, 1473-1543):**

Torunban született **1473. február 19-én**. Rézkereskedő család gyermeke, anyai ágon nagybátyja püspök lesz, apja halála után ő segíti a családot. Először Krakkóban – többek között szabad művészeteket – tanul, megismerkedik a matematikával, optikával, a csillagászzal és a csillagjósással. Később Bolognába ment, hogy az egyetemen kanonoknak képeztesse magát (itt ismerkedik meg a humanizmussal, görögül tanít, szonetteket fordít...), majd szerte Itáliában egyházjogot és némi orvostudományt is tanult még, mielőtt Frauenburg kanonoka lett. Itt töltötte élete hátralévő részét.

Már 1500-ban Rómában csillagászati témakörben tart előadást, kutatásait egyedül végzi, megfigyeléseihez még semmilyen optikai segédeszköz nem áll rendelkezésére. Megfigyel egy Aldebaran-fedést valószínűleg Novaris társaságában), melynek adataiból egyértelműen következett, hogy a ptolemaioszi Hold-modell nem helytálló. Többek között ír a pénzreformról is. 1507-ben jelenik meg a Commentariolus (Kis kommentár az égitestek mozgásáról), ez egy 12 oldalas kéziratos mű, melyben heliocentrikus világképének 7 alapelvét vázolja:

1. Az égitesteknek és az égi szféráknak nincs közös középpontja – azaz nem minden mozgásnak ugyan az a középpontja. Probléma volt ezzel, hogy csak a Hold volt az, ami nem a Nap körül keringett, ezért sokan kritizálták ezt a rendszert
2. A Föld centruma nem középpontja a Világmindenségnek, hanem csak a nehézkedésnek és a Hold mozgásának.
3. Minden körmozgás (a Hold keringésének kivételével) a Nap körül történik, mintha ez lenne a világmindenség középpontja, ezért a Világmindenség centruma valahol a Nap közelében van.
4. A Nap-Föld távolság sokkal kisebb a csillagos égbolt magasságához képest, mint a Föld sugara a Naptól való távolsághoz képest, tehát a Nap-Föld távolság elhanyagolható az égbolt magasságához képest.
5. Az állócsillagok szférájának mozgása nem az égbolt valóságos mozgásából ered, hanem a Föld forgásából. A Föld tehát a rajta lévő tárgyakkal együtt naponta megfordul változatlan helyzetű pólusai körül, ezzel szemben az állócsillagok szférája, mint a legkülső égbolt, mozdulatlan.
6. Mindaz, ami a Nap mozgásának tűnik, nem önmagától áll elő, hanem a Föld mozgása révén, mely mozgás éppúgy a Nap körül történik, mint a többi bolygóé. Így a Föld nem csak egy típusú mozgást végez.
7. Ami pedig a bolygók mozgásánál mint direkt és retrográd elmozdulás jelentkezik, nem önmagától van így, hanem csak a Földről nézve. Csak a Föld mozgása révén magyarázható az égbolt oly sokféle jelensége.

Ekkor még matematikai modellel nem állt elő, 34 szférát használt. Híre meg Európában, műve csillagászati körökben ismert lesz. Tovább folytatja tevékenységét, ~100 észlelést végez, de nem voltak elég pontos műszerei. 1514-ben őt is megkérdezik a naptárreformról, de nem vállalja el, nem utazik Rómába, inkább nekiáll tovább tökéletesíteni elképzeléseit. 1515-től rendszeresen dolgozik nagy művén titokban. 1527-ben egy nürnbergi csillagász elképzeléseit kritizálja Recenzió c. írásában, de itt még fenntartja a geocentricizmus látszatát. 1530 körül készül el az első kézirat, de nem adja ki, pedig még az egyház is támogatja, főleg a naptárreform reményében (illetve „minden jobb, mint a lutheránusok...”). 1539-ben egy 25 éves fiatal és tehetséges humanista tanítvány kerül Kopernikusz mellé, ő Rheticus, s visz a mesternek egy görög nyelvű *Almagestet*, valamint egy Regiomontanus-féle *Trigonometriát*. Kopernikusz ezek fényében egy év alatt átírja a kéziratot, Rheticus ekkor átolvashatja az egészet, s ír a munkáról egy összefoglalót *Narratio Prima* címmel, ami 1540-ben meg is jelenik. Halála napjáig kell várni főműve, a *De revolutionibus Orbium Coelestium* (Az égi körök forgásáról) nyomtatására és megjelenésére.

Kopernikusz nagysága összefoglaló szemléletében, a mozgások viszonylagosságának felismerésében és a tapasztalás fontosságának (mint az elméletek próbaköve) felismerésében rejlik. Azonban lényegi újítása csak a Nap és Föld helyzetének felcserélése, modelljében ugyan úgy kristályszférákkal és epiciklusokkal dolgozott, nem jelenti ki, hogy a Nap is csillag lenne. Mi volt mégis a rendszer kidolgozásának motivációja? Kopernikusz korában divatos volt a „Nap”, minden lehetséges pontos támadták a skolasztikát és Ptolemaioszt, stb. A legfőbb motiváció azonban a magyarázó elv volt.

Főműve Osiander előszavával kezdődik, melyben hipotézisekről beszél, a jelenségek megmentéséről és elhessegeti még a lehetőségét is a valós elképzelésnek, csak hogy tompítsa Kopernikusz elméletének élet. Ezt követi a szerző ajánlása III. Pál pápának, ahol a szörny-metaforával világít rá arra, hogy Ptolemaiosz elméletének apró részei szépek ugyan, de nem állnak össze egy rendezőelv mentén egy egységes egészzé, így összességében olyan, mint egy szörny. Ezek után következik a mű 6 könyve.

1. A világegyetem felépítése, pontokba szedett állítások, mai szemmel nézve furcsa érvelések, hűrtáblázatok és egy kis matematikai alapozás.
2. Szférikus csillagászat, csillagkatalógus Ptolemaiosztól átvéve, plusz még egy kis matematika.
3. A Föld mozgásai (forgás, keringés, precesszióelmélet), a Nap látszólagos mozgása.
4. A Hold mozgása – a kor legjobb elmélete, bár attól függetlenül igaz, hogy világgépünk helio-, vagy geocentrikus.
5. A bolygók síkbeli mozgása.
6. Eltérések az ekliptikától.

Összességében bonyolult, szerkezetében Ptolemaioszéhoz hasonló mű, nagyon sok matematikai számolással él, rendezzi a mozgásokat, segédepiciklusokról értekezik.

Talán kijelenthetjük, hogy Kopernikusz tevékenysége lebbentette fel a sötétséget okozó fátylat a csillagászati középkorról, és megvilágította az utat az eljövendő nemzedék további fejlődése előtt...

