

4. India csillagászata

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 (čukorral 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.

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 fogyatkozásakor.

♠ Alapegység a yoyana volt, mely 12000 méret volt

♠ 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 kerületéből és a keringések adataiból. Kiszámolták még, hogy a Föld átmérője 1050, a Nap átmérője 4410, a Hold átmérője pedig 315 yoyana.

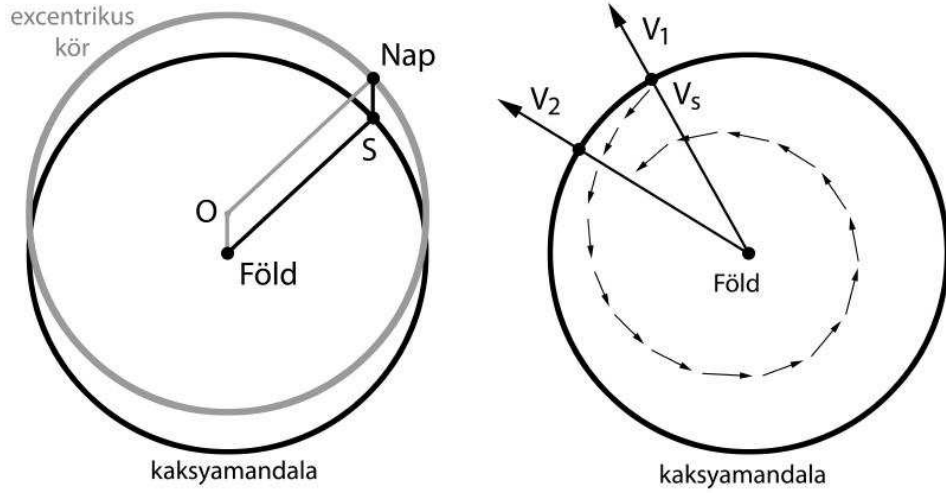
♠ Ezekből a nappálya sugara 5.500.000 km, ami elég messze áll a valóságtól, azonban a Föld átmérőjére kapott 12.600 km meglepően jól közelít a reális értékhez.

♠ Az ekliptika hajlását 24° -nak vette, valamint voltak trigonometriai táblázatok is.

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

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

♠ Bolygó pályák kerülete:

Nap	4,320,000 yuga
Hold	57,753,336 yuga
Rahu	232,226 yuga
Mars	2,296,824 yuga
Merkúr	17,993,020 yuga
Jupiter	364,224 yuga
Vénusz	7,022,388 yuga
Szturnusz	146,564 yuga

♠ 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.

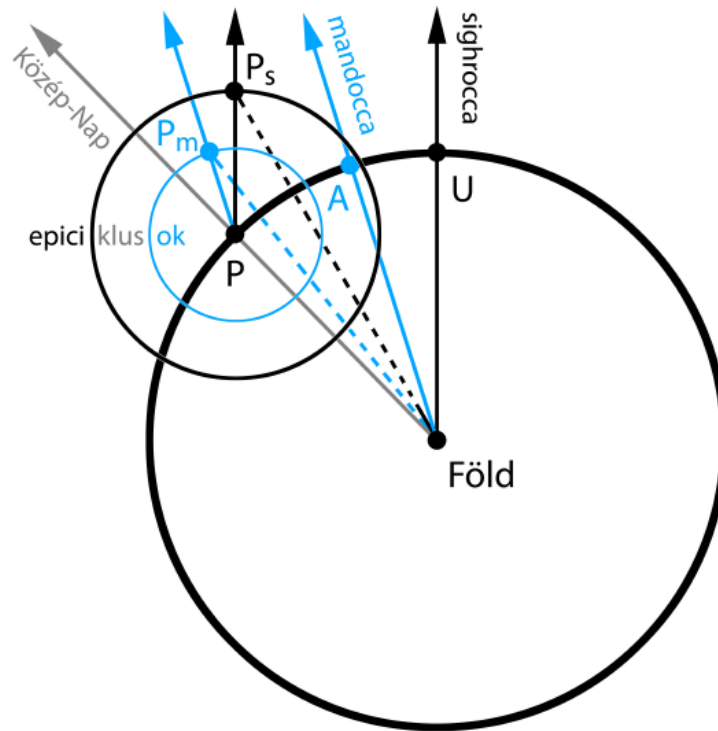
♠ „P” a közép-bolygó, „FP” mindig a Közép-Nap felé mutat, $\text{`}PFP_{s,j}$  a sighra korrekció, „PFU” a sighrakendra,  $\text{`}PFP_{m,j}$ a mandra korrekció és „PFA” a mandakendra.

♠ A sighra a gyors epiciklus, a manda a lassú epiciklus.

♠ P két epiciklust hordoz, melyek P korrekciójára szolgálnak, hogy megkapjuk a bolygóhosszúságát.

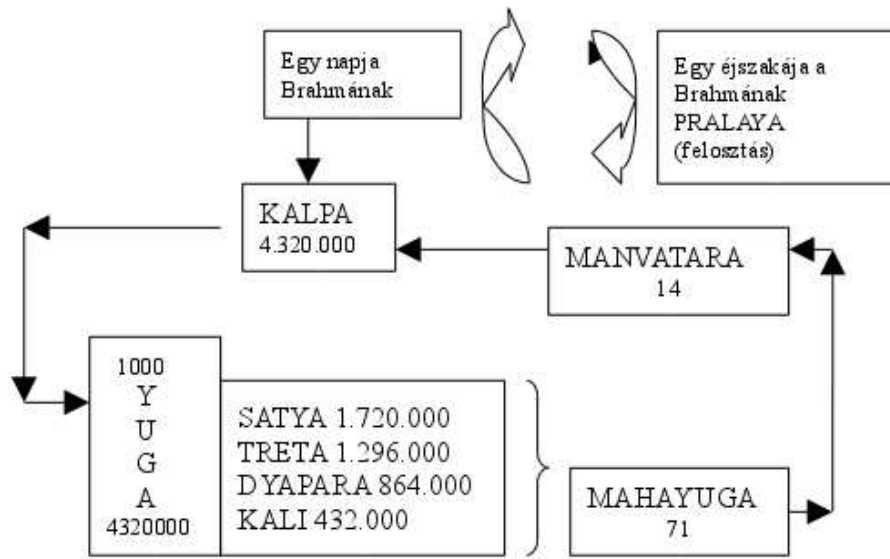
♠ A mandocca minden bolygónál egy táblázatokban meghatározott pont.

♠ 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 1/2 manda korrekció a P pontra
 - ★ P_2FP_1 legyen 1/2 sighra korrekció a P_2 -re
 - ★ PFP_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



♠ 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 előről, majd eljön a Nirvána, és mindennek vége lesz.

♠ Ez a 4 yuga = 1 maháyuga.

♠ Hosszú periódusok:

- ★ Vaskorszak (360.000),
- ★ Ércorszak (720.000),
- ★ Ezüstkorszak (1.080.000),
- ★ Aranykorszak (1.440.000 év).

♠ Ezek, plusz mindegyik 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 π 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 sikhrocca 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, újhholdtól újhholdig...

♠ 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 5×366 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)

♠ Az indiai naptár már teljesen elbonyolódott

♠ 9 különböző időszámítási rendszer:

★ Brahma naptára

★ Istenek naptára

★ Atyák naptára

★ Pátriárkák naptára

★ Jupiter naptára

★ Nap naptára

★ Hold naptára

★ Csillagok naptára

★ Polgárok naptára

♠ 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.

♠ Igen hosszú periódusban gondolkodtak

♠ 1080000 éves periódus $\Rightarrow$ az akkor ismert bolygók a Halak csillagképpel való együttállása

♠ A Kali yuga kezdetét i.e. 3102-re tették.

4.1. Jantar Mantar

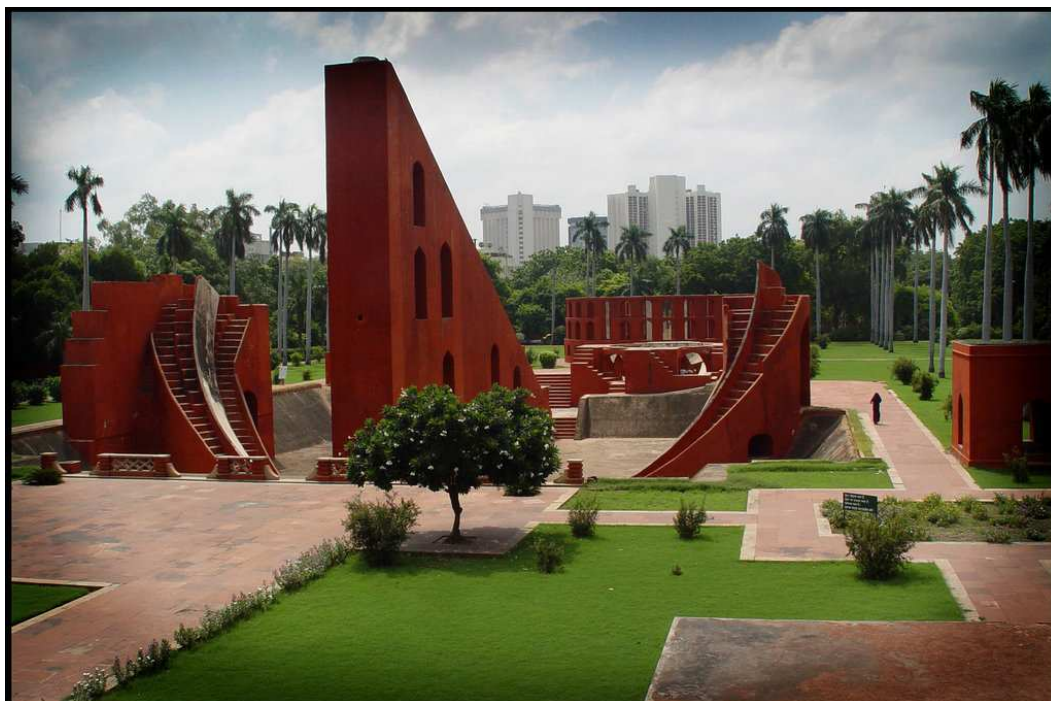
Az indiai csillagászat, az arabhoz és az európaihoz hasonlóan Ptolemaiosz híres könyvében, az "Algamest"-en alapult. A hinduk az ötödik század táján vették át a ptolemaioszi elméletet, miszerint a világegyetem középpontjában a gömbölyű föld áll. (Az európaiaknak még csaknem ezer évet kellett várniuk egy hajóskapitányra, hogy eljussanak erre a következtetésre.) A hindu csillagászat (az esküvőkhöz hasonlóan) a hagyománytisztelet jegyében zajlott: az "Algamest" tanait előnyben részesítették a csillagászati megfigyelésekkel szemben.

A következő nép, aki átvette Ptolemaiosz tanait, az arab volt. (A görög csillagászat eredményei az ő közvetítésükkel jutottak el Európába: Ptolemaiosz könyvének ma ismert címe az arab fordításból származik.) Ők a hindukkal ellentétben felvetették azt az eretnek gondolatot, hogy az "Algamest" magyarázatai nem minden esetben pontosak, és jó lenne az elméletet mérésekkel is alátámasztani. A tizedik században épült arab csillagvizsgálók a muszlim csillagászok által feltalált műszereknek köszönhetően a kor legmodernebb obszervatóriumai voltak.

Az első olyan hindu csillagász, akit komolyan gondolkodóba ejtett az a megfigyelés, hogy a korabeli csillagászati táblázatokból kiszámított bolygómozgások nem esnek egybe a

valósággal, Jai Shing volt. Jai Shingnek a többi csillagász kollégával szemben volt egy nagy helyzeti előnye. Maharadzsának született. Így nem csak a csillagászat iránti érdeklődése, de a pénze is megvolt ahhoz, hogy a mindennapos államügyek (értsd: háborúk) intézése mellett a táblázatok hibáinak kijavítására csillagvizsgálót építsen Delhi közelében.

Az 1725-ben épített obszervatórium ma is áll, habár csillagászati megfigyeléseket bájosan lehet végezni belőle; a kilátást eltakarják Új- Delhi csupa üveg felhőkarcolói, és a kipufogó gázok alkotta felhők. A Jantar Mantar-t (ez a csillagvizsgáló hindu neve) a Jai Shing által tervezett műszerek alkotják. A "műszer" szó alatt nem valami kézbe vehető finom szerkezetre kell gondolni: az eszközök mészkőből és márványból épült tornyokból, lépcsőkből és oszlopokból állnak, és első látásra inkább szürrealista szoborparkra hasonlítanak, mint csillagászati megfigyelőállomásra.



Az obszervatórium központi műszere egy hatalmas napóra, a Samrat Yantra. A lépcső pontosan északi irányú, korlátja párhuzamos a föld tengelyével. A jobb szélén látható (ugyancsak vörös színű) építmény egy fehér márványból készült körívet tart, amely párhuzamos az egyenlítővel. Ez az óra skálája. (A lépcső valójában az építmény közép-pontjában áll, a másik oldalán egy ugyanilyen márvány félkörív van, de a képen csak a fél oldal látszik.) Ha a lépcsős torony árnyéka a márvány körívre ér, leolvasható a helyi idő; az árnyék és a körív peremének szögéből pedig a nap horizont feletti magassága. (A kép reggel készült, így az árnyék éppen nem éri el az ívet.)



Ugyancsak a nap pályájának követésére szolgál a Jai Prakas nevű műszer (a kép előterében álló két kör alakú bunker.) Ez két darab fehérre festett félgömb, ami felé észak-déli és kelet-nyugati irányban vékony drótokat feszítettek ki. (A fényképen ezek hiányoznak.) A háló metszéspontjai árnyékának mozgását követve a félgömbön, leolvashatók a nap pályájának adatai. Figyelmesen megnézve a képet látható, hogy a félgömbbe közlekedő árkokat vájtak, hogy a csillagászok hozzáférhessenek a félgömb felszínéhez. Ahol hiányzik egy darab a félgömbből, ott természetesen nem lehet mérést végezni: erre való a másik félgömb, ahol a közlekedő árkokat ellentétesen alakították ki.

A kép háttérében két henger alakú torony látható: ez a Ram Yantra, a csillagok és bolygók horizont feletti magasságának és északi iránnyal bezárt szögének mérésére szolgáló építmény. A két henger magassága egyenlő a sugarával, a henger közepén pedig egy ugyanilyen magasságú oszlop áll. A torony padlója hat fokos cikkekre van felosztva, minden második ilyen cikkhez tartozik egy ablak-sor a henger palástján.



A csillagok és bolygók adatait abból lehet meghatározni, hogy a műszer középpontjában elhelyezkedő, az oszlopnak háttal álló megfigyelő melyik ablakon keresztül látja a kérdéses égitestet. Természetesen előfordulhat, hogy egy csillag egyik ablakban sem látszik: ilyenkor át kell sétálni a másik toronyba, a két henger ablakai ugyanis pontosan kiegészítik egymást, ahhoz hasonlóan, ahogyan a Jai Prakas félgömbjeibe vájt közlekedő járatok.



Az obszervatórium negyedik műszere a Misra Yantra névre hallgat. Tulajdonképpen ez is napóra, a képen jól kivehető az észak-déli lépcső és a föld tengelyével párhuzamos korlát. A leolvasás a négy fehér félkör valamelyikén történhet; ezekről azt tudhatjuk meg, hogy hány óra van a leolvasás időpontjában a föld négy másik csillagvizsgálójában. Az egyik skála a Greenwich-i időt mutatja, a másik a Zurich-i obszervatórium órája, a harmadik egy japán, a negyedik pedig egy csendes-óceáni csillagvizsgálóra vonatkozik. Az építmény két oldalán további skálákat látunk: ezek feladata nem tisztázott.

A delhi obszervatórium tapasztalatai alapján Jai Singh négy másik csillagvizsgálót is építtetett, Ujjainban, Benaresben, Mathurában és a saját magáról elnevezett fővárosban, Jaipurban. Munkássága nem merült ki a műszerek és táblázatok készítésében: követeket küldött Európába, a Közel-Keletre és Japánba, hogy megismerje az ottani tudósok eredményeit. Európába küldött követei a katolikus papokat keresték fel, akik megnyugtatták őket, hogy a világmindenség középpontjában bizony a föld áll. (Galilei könyveit a katolikus egyház egészen 1835-ig indexen tartotta.) Így hát a csillagász maharadzsza 1743-ban abban a hitben halt meg, hogy a föld a világ közepe. Ezt az indiai évszámot érdemes összevetni néhány európai dátummal: Kopernikusz ekkor kétszáz, Kepler száztizenhárom, Galilei százegy, Newton tizenhat éve halott. Európa ide nagyon messze van. Nem csak földrajzilag.

