

Az ókori csillagászat tiszteletet érdemlő eredményei.

Már több alkalommal szó esett arról, hogy az ókor embere csodálattal és néha félelemmel tekintett az égboltra. A századokon át tartó folyamatos megfigyelés révén alakult ki a naptár, valamint a fogyatkozások előrejelzésének lehetősége.

Az eredmények tehát a megfigyelés és az abból eredő következtetés gyümölcsei voltak.

A megfigyeléshez *eszközökre* is szükségük volt. A szemükön kívül kezdetleges *szögmérők*, és a *gnomón* (árnyékvető) állt a rendelkezésükre. Ezek használatával – mai szemmel nézve – zseniális eredményeket értek el. Ezeket a különböző *építmények* bizonyítják, melyek kialakítása, tájolása, tudatos volt.

A szögmérés pontossága a görög Hipparkhosz életében (i. e. II. század) 1 ívperc pontosságú volt. A kör 360 fokra osztható, egy fok pedig 60 ívpercnyi. Ez azt jelenti, hogy 21 600 ívperc adja ki a 360 fokot. Az emberi szem felbontóképessége ezzel megegyezik. Tehát az ókori Görögországban végzett szögmérések pontossága ezt az értéket érte el. (Bárki kipróbálhatja, hogy egy lécekből szerkesztett szögmérővel, vagy függőön segítségével el tudja-e érni ezt a mérési pontosságot! Az iskolai nagy méretű szögmérő is fokbeosztással rendelkezik. A vékony drót – amelynek végén függ a súly – ez a függőön – vastagságától függ a leolvasás pontossága. A méréseket pedig általában éjjel kellett elvégezni.)

Ez már olyan pontosságot biztosított számukra, amely lehetővé tette *az égitestek helyzetének viszonylag precíz megfigyelését, valamint a Nap és a Hold látszó méretének megállapítását.*

Ez utóbbi alapján próbálták a két égitest – Földhöz viszonyított – valódi méretét, és tőlünk való távolságát megállapítani. Szintén egy sikeres szögmérés révén tudták meg, hogy milyen méretű a bolygónk.

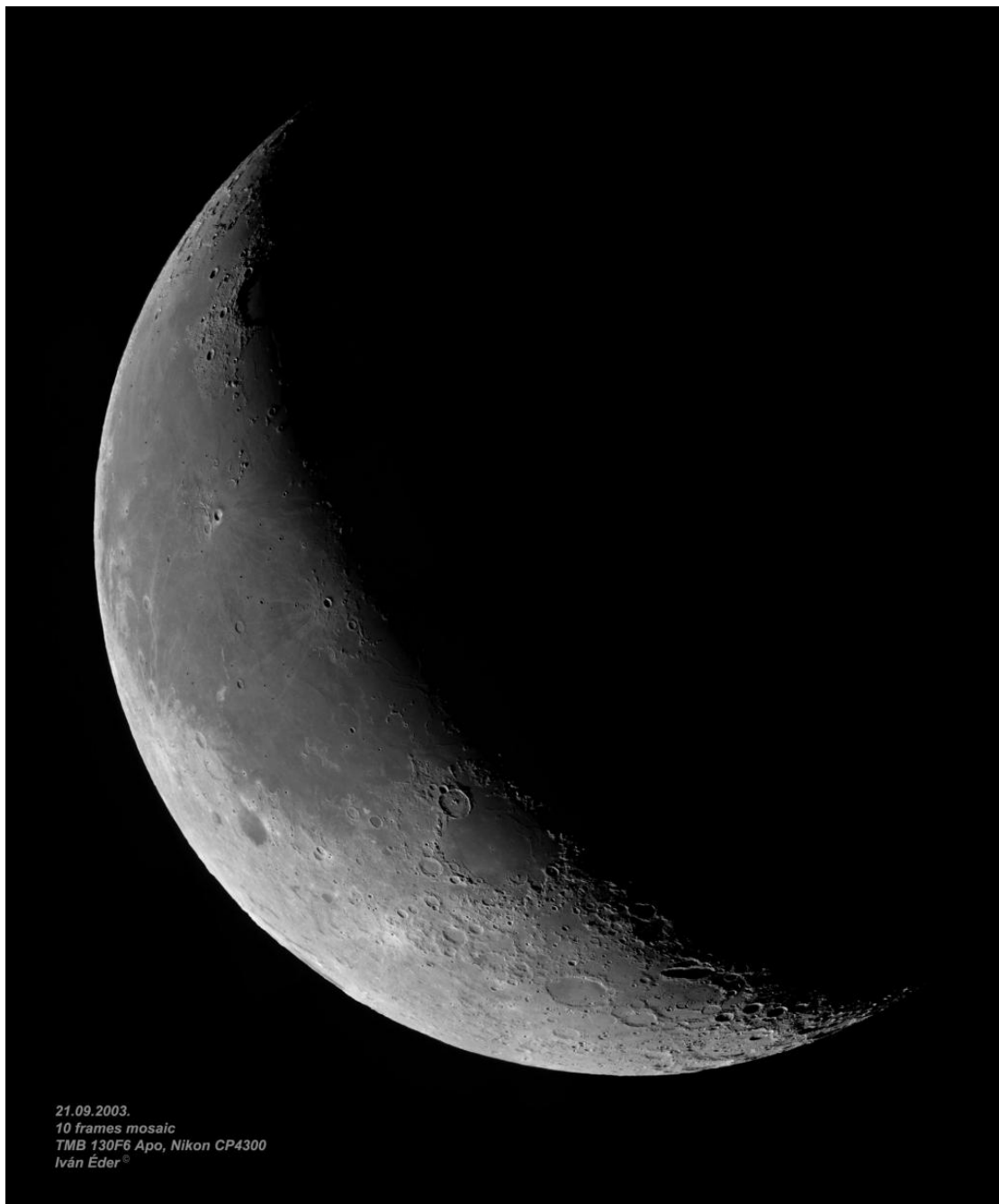
Az égitestek rendszeres megfigyelését *Mezopotámiában* kezdték el. Az i. e. VI. században már másodperc (!) pontossággal ismerték a szinodikus (a Hold Földről látszó keringési ideje) holdhónap hosszát. Abban az időben még nem léteztek a maihoz hasonló pontos időt mutató órák, hanem csak *vízóra* volt. A működésének lényege: egy felső tartályból az alatta levőbe csöpögött a víz. A tartály belső falán kialakított beosztást elérő vízszint mutatta az eltelt időt. Ez a nagy mérési pontosság persze csak úgy érhető el, ha éveken át tartó megfigyelés van mögötte.

A Hold látszó mozgása.

Égi kísérőnk „arca” (fázisa) minden nap más-más alakú. Amikor a Nap irányában látszik, akkor *újhold* van. Ekkor nem pillanthatjuk meg az égbolton. Másnap már a körömnnyi holdsarló megfigyelhető a nyugati ég alján. Alakja D-betűt formáz, azaz dagad. Ezekben a napokban nagyszerűen látható a *hamuszürke fény* (lásd korábban). Érdeemes megfigyelni a *terminátor* (az *éjszakai és nappali részt elválasztó vonal*) mozgását is. Ahogyan nő a fázisa,

egyre későbbi órákban nyugszik, hiszen látszó helyzete folyamatosan kelet felé tolódik. Naponta körülbelül 12 fokot vándorol az égi háttér előtt. Egy néhány óráig tartó megfigyelése révén már észrevehetjük az ún. *sajátmozgását*. (Ez a csillagászati szakkifejezés azt jelenti, hogy a megfigyelt égitest milyen szöggel mozdul el a látóirányunkra merőlegesen. A Holdnak van a legnagyobb a sajátmozgása, mivel a legközelebb van hozzánk. A csillagok esetében éves, néhány ívmásodpercre terjedő elmozdulásról tehetünk említést.)

Az újhholdat néhány nap múlva az *első negyed* követi. Negyedről van szó, mivel alakváltozásait négy részre osztjuk. Ekkor a tőlünk megfigyelhető felszínének 50%-át vehetjük észre.



A növekvő fázisú Hold Éder Iván felvételén. A kép 2003. szeptember 21-én készült.

Holdunk már éjjeli lámpásként szolgál. A fázisával együtt a fénye is egyre nagyobb lesz. Mindez a *teleholdig* egyre növekszik. Ekkor napnyugtakor kel és napkelte idején nyugszik. Egész éjjel holdvilág van. (A távcsővel való megfigyeléséhez ez a legkevésbé alkalmas időpont, mivel a nagy fényerő miatt a sok-sok kráter, a hegységek, a rianások, stb. nehezen tanulmányozható. Így a kisebb fázisú holdfelszínt érdemes megfigyelni.)

Ezután fogyni kezd, tehát a megvilágított terület egyre kisebbé válik. Egyre későbbi éjjeli órában kel. Alakja most C-t formál, vagyis csökken a fázisa. Ekkor már a reggeli, nappali égen is látható. Elkövetkezik az *utolsó negyed*. A megvilágított terület – első negyedhez képesti – tükörképét láthatjuk. Végül már csak a hajnali órákban vehetjük észre a keleti látóhatár közelében. Ismét körömnyi lesz. Ezután „elfogy”.

A Hold mozgásával kapcsolatban érdemes megjegyezni, télen magasan, míg nyáron alacsonyan jár. Ennek egyszerű a magyarázata. A pályasíkja kb. 5 fokot zár be az ekliptikával, ezért a Napnál magasabbra tud emelkedni -- 71 foknyira, illetve 14 fokos magasságban tud delelni a nyári időszakban. (Az ekliptika a téli éjjeli égen magasan, míg nyáron alacsonyan szeli át az égboltot.)

Mezopotámiában is gondosan megfigyelték és feljegyezték a bolygók látszó mozgását, meghatározták a szinodikus periódusokat. Mivel onnan a *Merkúr* jól látható volt, így sikerült a keringési időt – a maihoz képest – 16 másodpercnyi eltéréssel megállapítani!

Az ott élő *sumér*, majd *akkád* népek által használt számrendszerek összeolvadásából született a *60-as felosztás*. Mint ismert, a foknak, ívpercre, majd annak ívmásodpercre való tördelése ennek alapján történik. Az időszámításban használt óra percekre, és annak másodpercekre való felbontása is ezen alapul. *A kör 360 fokra való felosztása pedig babiloni örökség.* Az év napokban mért hosszának első közelítését tükrözheti. Ugyanakkor a *12-es felosztás*, amely a holdhónapoknak az egy évre való terjedelmét jelentette, is tőlük ered. Így keletkezett a *naptári év 12 időszaka*, a nappal és az éjjel *12-12 órára* való beosztása. A görög-római kultúra révén sok értékes megállapításuk került át Európába, pl. az *állatöv* kijelölése és övezeteinek elnevezése, valamint az égitestek *csillagképekbe* történő csoportosítása. De a tudományhoz semmilyen szállal sem köthető csillagjósolás is onnan ered.

Az ókori egyiptomi csillagászati eredményekről már sok szó esett. Még egy érdekesség. Számos helyen találunk ránk maradt domborműveket, ahol a *Napot mindig félgömbként ábrázolták.* A Nap csillagászati jele egy kör, melynek középpontjában egy pont van. A magyarázatot az időnként szabad szemmel látható napfoltok adják. Egyes ókori források szerint *felismerték, hogy a két belső bolygó – a Merkúr és a Vénusz – nem a Föld, hanem a Nap körül kering.*



Jól látható a Nap félgömbként történt ábrázolása. A jeleneten Ehnaton fáraót, feleségét Nefertitit és három lányukat láthatjuk. A napsugarakat pedig „simogató kezekként” ábrázolták.

Sok csillagászati feljegyzés maradt ránk az ókori Kínából. Minden égi eseményt figyelemmel kísértek és feljegyeztek. Nemcsak a különböző fogyatkozásokról, hanem az üstökösök vagy a „vendégcsillagok” (nóvák, szupernóvák) feltűnéséről is szó van.

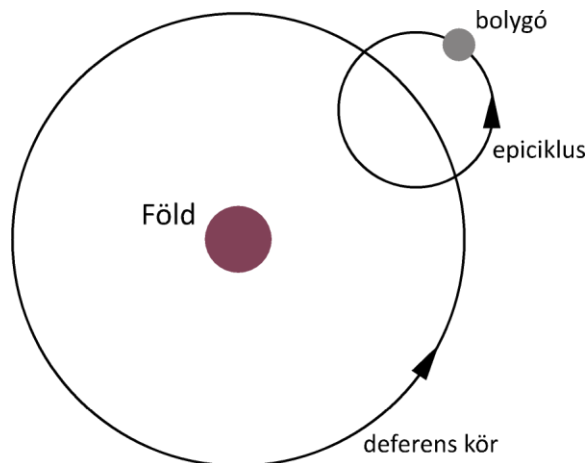
A görögök hagyatéka.

A mezopotámiai és egyiptomi szellemi örökséget átvették a görögök, és erre alapozva további új felismerésekkel gazdagították a csillagászati ismereteket. Gondolkodásmódjukat elsősorban a megfigyelt tények irányították, bár néha a miszticizmus is előtérbe került.

Ők vetették fel elsőként, hogy a Föld gömb alakú. Jól látható volt, amint a kikötő felé közeledő hajónak először az árboca, majd a hajótest tűnt fel a látóhatáron. Emellett ragaszkodtak ahhoz, hogy a bolygók körpályán végzik mozgásukat, hiszen ez a legtökéletesebb síkbeli alakzat, a gömb pedig ennek térbeli megfelelője.

Azt is észrevették, hogy holdfogyatkozás idején a Föld árnyéka egy körív, tehát – mondták ők – a Földnek gömb alakúnak kell lennie, mivel csak gömb vethet ilyen alakú árnyékot.

Az i.e. V. században élt *Arisztotelész* filozófus szerint az égitestek – a Napot is beleértve -- kizárólag összetett körökből álló pályán végezhetik mozgásukat.

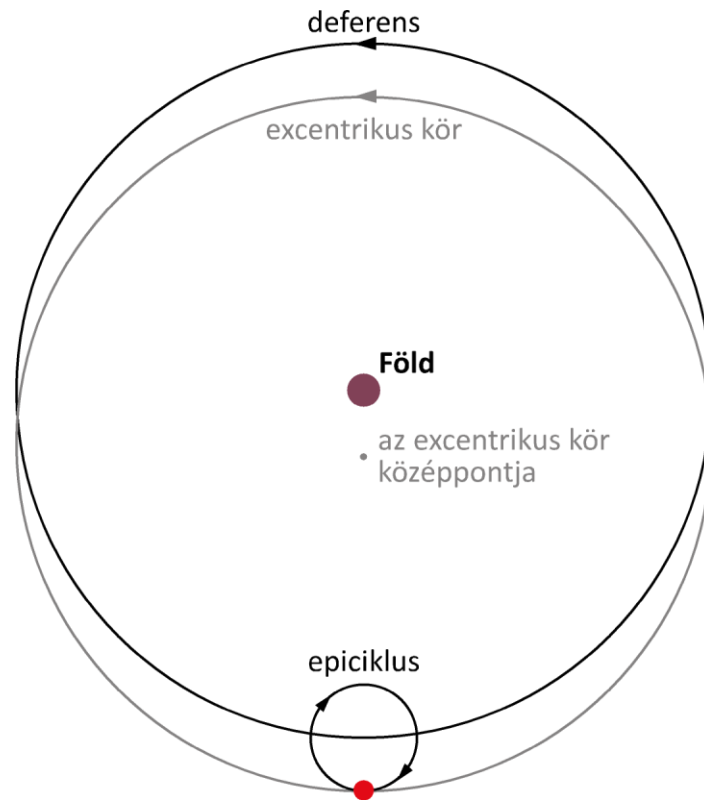


A Föld körüli körpálya egy pontjában egy másik kör található, melyen az ókori felfogás szerint a Naprendszer égitestei végzik a mozgásukat. Az összetett körökre alapuló szemlélettel meg tudták magyarázni, hogy ezek az égitestek miért írnak hurkot az égi háttérre. Ez egy síkbeli ábrázolás, de hamarosan megszületett a térbeli megfelelője is.

A Naprendszer égitesteinek mozgását *Eudoxosz* (i.e. IV. század) kizárólag *geometriai úton* próbálta értelmezni. Szerinte valamennyi a Föld körül kering. *Mindegyikük egy-egy kristálygömb egyenlítőjén helyezkedik el, ezek a gömbök pedig egy másikon gördülnek.* Három átlátszó szféra segítségével le tudta írni a Nap és a Hold látszó mozgását. A bolygók mozgásának magyarázatához, azonban 27 gömbre volt szüksége. (Arisztotelész 56 kristálygömb bonyolult rendszerét alkalmazta. Ez pedig *nagyon komplikált, geocentrikus – földközéppontú -- világképet eredményezett.*)

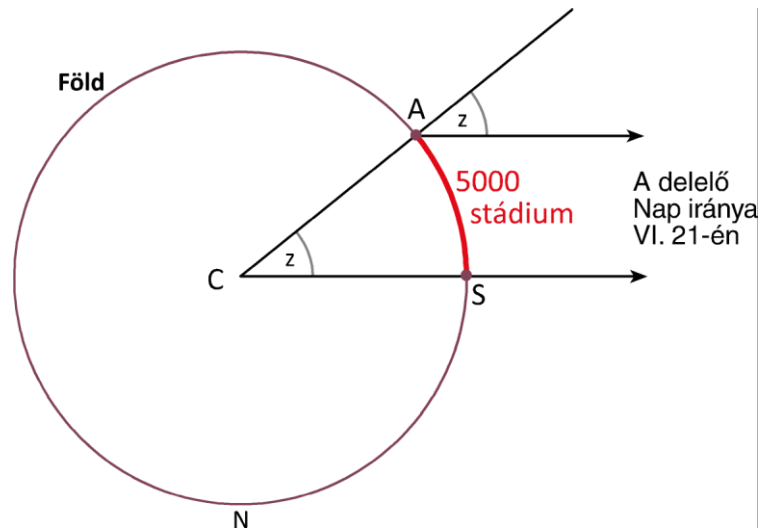
Hipparkhosz (i.e. II. század) „a görög csillagászat atyja” *elvetette ezt a bonyolult rendszert.* Helyette két mozgás eredőjeként értelmezte a bolygómozgásokat. A nagyobb átmérőjű kör – az úgynevezett *deferens* nem esett egybe a Föld középpontjával, hanem attól eltérő (excentrikus) lehet. Erre rakódik a kisebb kerületű körvonalon végzett mozgás, melynek eredménye az *epiciklois pálya*. (Senki ne keverje össze az epiciklust az epiciklois pályával!) Ez pedig a bolygók hurokszerű mozgása, amely nem más, mint a Föld napkörüli keringésének visszatükröződése.

Ezt a gondolatot vette át *Ptolemaiosz*.



Hipparkhosz elképzelése a bolygómozgás helyes értelmezéséhez, leírásához.

Kulcsfontosságú volt a gömb alakúnak tekintett Föld kerületének meghatározása. Többen is végrehajtották a mérést az ókori Görögországban, de *Eratoszthenész* (i.e. III. század) állapította meg a mai értékhez legközelebb állót. Eljárása az alábbi volt: A Nílus nagyjából délről északi irányba folyik. Amikor a partján lévő Szyénében (Asszuán) a nyári napforduló napján merőlegesen delelt a Nap (ezt onnan lehetett tudni, hogy a mély kutak alján megcsillant a napsugár), ugyanezen a napon Alexandriában (ez a nagyváros a Nílus torkolatvidékén található) a Nap ennél alacsonyabb látóhatár feletti magasságban látszott. A két város közötti távolságot (ívhosszt) 5000 stádiumnak vette. (Egy stádium, illetve – sztadion – 160 méternek felelt meg.) A két delelési magasság közötti szögeltérés 7 fok 12 perc volt. Ismert az ívhossz valódi nagysága. Tehát a mért szög értéke úgy aránylik a 360 fokhoz, mint az ívhossz a teljes kerülethez. *A végeredmény: 39740 kilométer lett, ami jó egyezést mutat a ma ismerttel.*



C = a gömb alakú Föld egy síkmetszetének – körnek – a középpontja. A Alexandriát S Szyénét jelöli. z = a delelő Nap Alexandriából látható zenittávolsága.

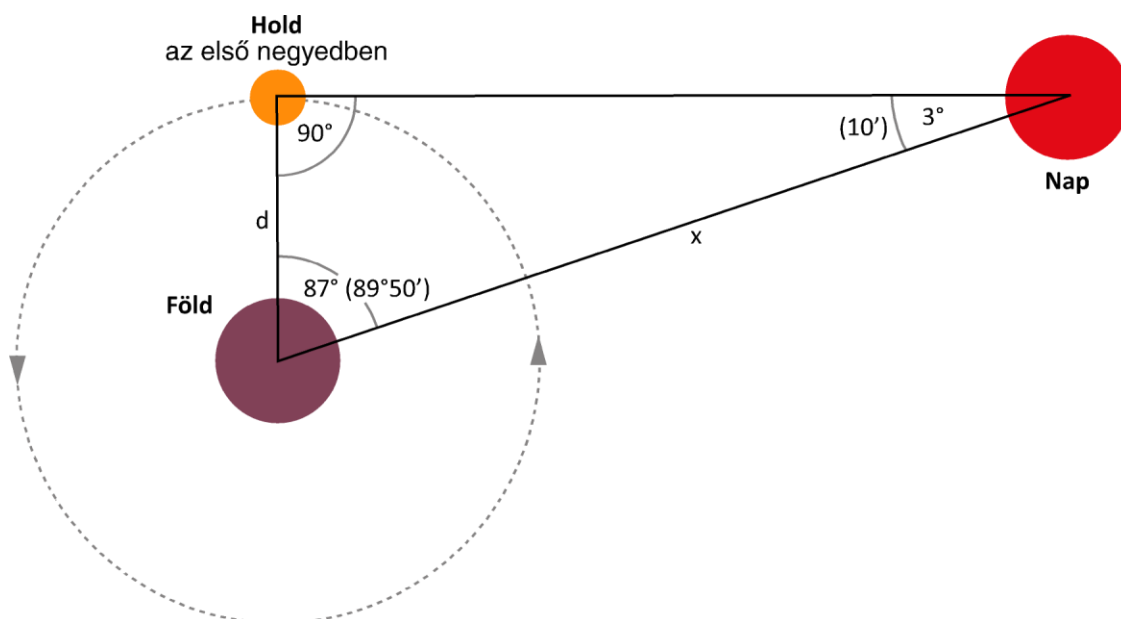
Ptolemaiosz azonban nem ezt az adatot vette át, amikor az ókori ismereteket összegezte, hanem Poszeidonosz mérési eredményét, aki a Föld kerületét – a fentihez képest – jóval kisebb értékűnek adta meg. Ez a tévhit eredményezte azt, hogy Kolumbusz bátran nekivágott az óceánnak, mert úgy vélte, hogy nyugat felé hajózva hamarosan elérheti India partjait.

A számoszi (ezen a szigeten született) Arisztarkhosz (i.e. III. század) volt az első, aki nem fogadta el a geocentrikus szemléletet. A napközpontú (heliocentrikus) világkép hirdetője volt! Azt vallotta, hogy a Föld forog a tengelye körül és a Nap körül kering. (Ez a kopernikuszi világkép.) Nézetei ellenséges magatartást váltott ki, ezért el kellett menekülnie a lakhelyéről.

Ez a meggyőződés vezérelte akkor, amikor a földi geometriát az égitestekre alkalmazta. Feltételezte, hogy a Nap távolabb van a Földtől, mint a Hold. A teljes holdfogyatkozás során jól megfigyelhető, hogy a Föld árnyékának mérete jócskán felülmúlja a Holdét. Feltételezte, hogy a földárnyék valódi mérete körülbelül megegyezik bolygónk valódi nagyságával. Megállapítása szerint égi szomszédunk a Föld átmérőjének a harmada (a valódi érték 0,27). Látszó átmérője 0,5 fok, tehát a Napnak – mivel látszó mérete ugyanakkora – 30-szor távolabbnak kell lennie, mint a Holdnak. Ez is a geometriai megfontolások eredménye.

Első negyed idején a Hold felszínének 50%-át világítja meg a Nap, ezért a Földről nézve egy derékszögű háromszög csúcsaiban helyezkedik el mindhárom égitest, a derékszög a Holdnál van. (Mint ismeretes, ha egy derékszögű háromszögben ismerjük az egyik oldal hosszát, valamint az egyik, derékszögtől eltérő szögét, akkor a háromszög valamennyi adata meghatározható.) Tehát meg kell mérni, hogy ebben az időpontban a Hold és a Nap közötti szögérték milyen nagyságú. Ezt 87 foknak mérte (a valódi értéke 89 fok 50 szögperc).

De ez a mérési adat pontosan elég volt számára ahhoz, hogy megállapítsa: a Nap 19-szer távolabb van tőlünk, mint a Hold. Mivel látszó méretük azonos, ezért a Nap jóval nagyobb a Földnél. Ezzel a zseniális méréssel támasztotta alá a napközpontú világkép helyességét!



Arisztarkhosz mérési módszere, amellyel meghatározta a Nap és a Föld közötti távolságot. d = a Föld és a Hold távolsága, mely a teljes holdfogyatkozás révén ismert volt. A Földnél lévő szöveget 87 foknak találta, így az x -szel jelölt Föld–Nap távolságot ki tudta számítani. A valóságos értéknél körülbelül hússzor kevesebbet kapott.

A korabeli feljegyzések szerint -- i.e. 134-ben a Skorpió csillagképben – egy nóva (új csillag) tűnt fel. Ezért kezdett hozzá *Hipparkhosz* egy olyan *csillagkatalógus* elkészítéséhez, amely 850 fényesebb csillag pozícióját tartalmazta. Mérési eredményeit összevetette egy 150 évvel korábban készült katalógus adataival, és meglepődve tapasztalta, hogy jelentős eltérés mutatkozik! Helyesen ismerte fel, hogy a tavaszpont nyugati irányban elmozdult az ekliptika mentén. Kiszámította, hogy ez évente 46 ívmásodpercet tesz ki, amely közel van a ma ismert 50,23 másodperes értékhez (ne feledjük, hogy az akkori mérési technológia jócskán alulmúlta a mait). A lényeg: *felismerte a precessziós mozgást*.

Megmérte az ekliptika és az egyenlítő által bezárt szöveget, 23 fok 51,3 ívpercet kapott eredményül. Ez pedig – figyelembe véve a precessziót, melynek révén ma kiszámíthatjuk a mérés idejére vonatkozó konkrét értéket – a valóságoshoz nagyon közelinek bizonyult.

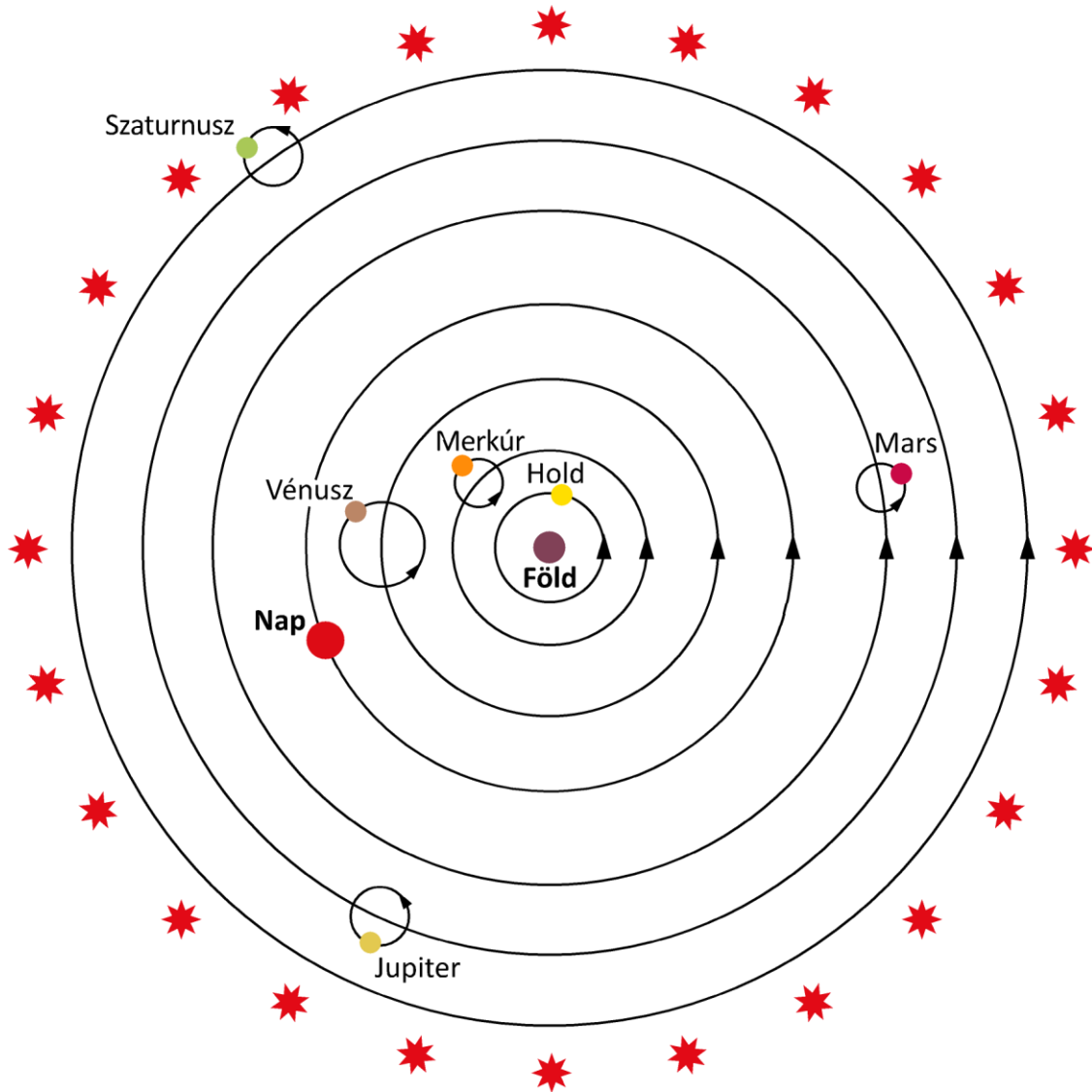
Szintén ókori görög örökség *a csillagok látszó fényesség szerinti osztályozása*. Hat fényrendet különböztettek meg. Az elsőbe a legfényesebbek, a leghalványabbak pedig a hatodikba tartoztak.

A görög csillagászat legfontosabb felismeréseit *Klaudiosz Ptolemaiosz* (i.sz. 90-161) foglalta össze. Munkájának eredeti címe: *Megale Syntaxis*, amely arab fordításban maradt ránk (*Tabira al maghesti*). Ebből született a ma használt *Almagest* cím.

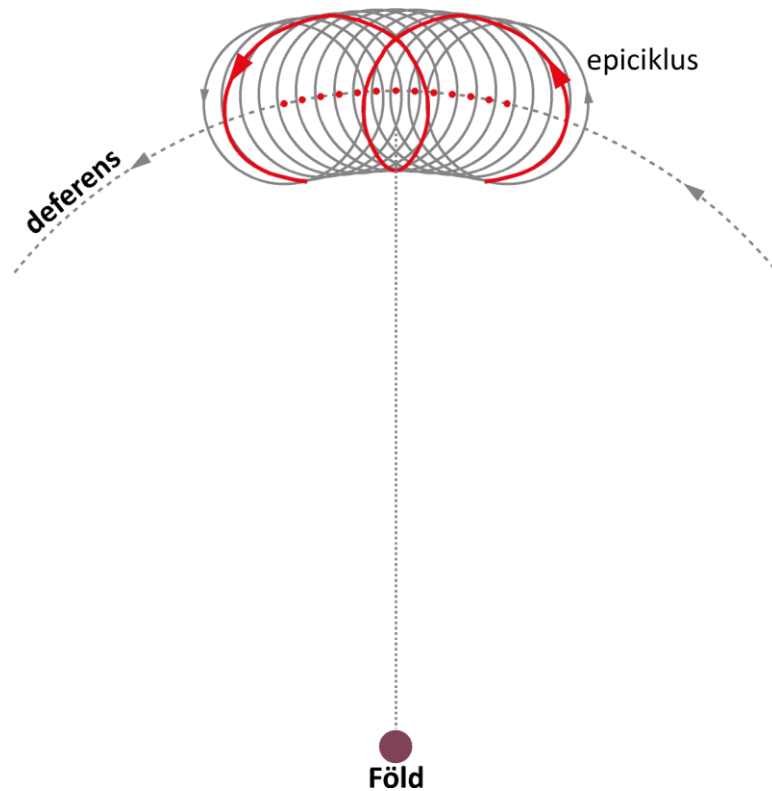
A könyv *csillagkatalógusában* 1022 égitest helyzetét és fényességét találjuk meg. Legfontosabb megállapításai, amelyek Kopernikusz koráig megsabták a tudományos csillagászat útját, az alábbiak:

a Föld gömb alakú, a Föld mozdulatlan, körülötte megy végbe minden égi mozgás, a Föld a világegyetem középpontja, a Föld csak egy pont a világmindenséghez képest.

A ptolemaioszi geocentrikus (földközéppontú) világtkép, bár matematikailag elég bonyolult volt, mégis lehetőséget adott a bolygók égbolton elfoglalt helyének előrejelzésére, amire az Arisztarkhosz által tett felismerések révén nem nyílt lehetőség, hiszen a napközéppontú rendszer ilyen irányú leírásához az akkori matematika még nem felelt meg.



A Ptolemaiosz-féle világtkép szerint minden bolygóhoz egy külön szféra tartozik. Ő 55-öt használt.



A Szaturnusz pályája Ptolemaiosz rendszerében. A vastag vonal a bolygó hurokmozgását (epiciklois) mutatja.

A korai kereszténység a görög tudósokra pogányként – nem istenhívőként – tekintettek, ezért felismeréseiket nem vették figyelembe. Számukra a Biblia volt az iránymutató. Ezért történt i.sz. 390-ben az, hogy egy fanatikus keresztény csoport feldúlta – a görög műveltség értékeit őrző – alexandriai könyvtárat, majd felgyújtotta azt.

Az újra összegyűjtött művek pedig az iszlám seregek hódítása (i.sz. 640 körül) idején pusztult el. A IX. századtól kezdve a még fellelhető műveket az arabok összegyűjtötték és lefordították. Így került át a görög tudományos örökség a mai Spanyolország területére, amely akkor arab uralom alatt állt.

A keresztény Európában a csillagászat a görögök előtti elmaradt álláspontokat tartalmazta. Például: a Föld egy lapos sziget, amely a végtelen óceánon úszik.

Az érdeklődő fiatalok ezért a mór egyetemeken tanultak tovább.

Csak századokkal később vették át a keresztény oktatási intézmények a ptolemaioszi rendszer módosított változatát. Az egyház dogmává merevítette ezt, mivel jól megfelelt a hierarchikus felépítésüknek.