

Fizikatörténet

Az ókori kozmoszkép

Horváth András
SZE, Fizika és Kémia Tsz.

v 1.0

Bevezetés

AFKT 1.3.3., AFKT 1.4.2., AFKT 1.4.3.

Szó értelme: **kozmosz = rend.**

Ósi megfigyelés: az égitestek mozgása rendezettebb, mind a földieké.

Bevezetés

AFKT 1.3.3., AFKT 1.4.2., AFKT 1.4.3.

Szó értelme: **kozmosz = rend.**

Ósi megfigyelés: az égitestek mozgása rendezettebb, mind a földieké.

A kozmosz szerkezetéről, történetéről szőtt elméletek nagyon jellemzőek egy adott korra kulturális, vallási értelemben is. (Isten teremtette? Rend van benne? Mi mozgatja? stb.)

Bevezetés

AFKT 1.3.3., AFKT 1.4.2., AFKT 1.4.3.

Szó értelme: **kozmosz = rend.**

Ósi megfigyelés: az égitestek mozgása rendezettebb, mind a földieké.

A kozmosz szerkezetéről, történetéről szőtt elméletek nagyon jellemzőek egy adott korra kulturális, vallási értelemben is. (Isten teremtette? Rend van benne? Mi mozgatja? stb.)

Tudományosan is igen fontos, és közvetlenül kapcsolódik a mechanikához.

Égi és földi dolgok kapcsolata

Hermész Triszmegisztosz: (talán legendás alak)

Ami lent van, az megfelel annak, ami fent van, és ami fent van, az megfelel annak, ami lent van, hogy az egyetlen varázslatának műveletét végrehajtsd, hogy minden dolog az egyből származik, az egyetlen gondolatból, a természetben minden dolog átvitelrel az egyből keletkezett.

Égi és földi dolgok kapcsolata

Hermész Triszmegisztosz: (talán legendás alak)

Ami lent van, az megfelel annak, ami fent van, és ami fent van, az megfelel annak, ami lent van, hogy az egyetlen varázslatának műveletét végrehajtsd, hogy minden dolog az egyből származik, az egyetlen gondolatból, a természetben minden dolog átvitelrel az egyből keletkezett.

Arisztotelész: az égi mozgások egész más természetűek, mint a földiek. (lásd korábban)

Égi és földi dolgok kapcsolata

Hermész Triszmegisztosz: (talán legendás alak)

Ami lent van, az megfelel annak, ami fent van, és ami fent van, az megfelel annak, ami lent van, hogy az egyetlen varázslatának műveletét végrehajtsd, hogy minden dolog az egyből származik, az egyetlen gondolatból, a természetben minden dolog átvitelrel az egyből keletkezett.

Arisztotelész: az égi mozgások egész más természetűek, mint a földiek. (lásd korábban)

Kinek van igaza? A tapasztalat látszólag Arisztotelészt igazolja. A kozmosz egységességébe vetett hitnek nincs meg a természettudományos alapja az ókorban.

Alapvető megfigyelési tények

Amit egy ókori ember láthatott:

- az égitestek kb. 1 nap alatt körbejárnak
- az égitestek egy része kis fénypont, melyek egymáshoz képest nem változtatják helyzetüket és fényességüket; **“állócsillagok”**
- más égitestek csillagszerűek, de a csillagokhoz képest folytonos, bonyolult mozgást végeznek; **“bolygócsillagok”**
- két égitest nem pontszerű, sok fényt ad, de ezek is körbejárnak; Nap és Hold
- a Föld mozgására utaló jel nincs, nem érzünk semmit
- ez generációk óta egyformán így történik
- a Föld minden pontjáról ugyanúgy látszik minden

A megismerés nehézségei

Miért nehéz a kozmosz szerkezetét megfejteni? Ma már tudjuk, hogy:

- a **csillagok távolsága** a Föld méretének több tízmilliószorosa
- a **csillagokon változás** csak sok ezer év alatt következik be
- a **Föld és a bolygók is keringenek** a Nap körül: egyik körhintáról nézzük a többi
- a keringési sebesség kissé változik
- a Föld tengelye lassan változó irányba mutat
- bár a Föld forgásából adódó felszíni sebesség nagy, de a gyorsulás kicsi, ezért a hatások nehezen érezhetők

Egyéb hiányosságok az ókorban: nincs távcső, nincs pontos mechanikai elmélet.

Ősi eredmények

Mindezek ellenére számtalan sikeres megfigyelés, szabály megállapítása megtörtént.

- Nap kelési és nyugvási irányainak szabályszerűségei
- év hosszának megállapítása
- látszólagos keringési idők pontos meghatározása
- alkalmazás a navigációban
- egyedi érdekes események megfigyelése (nagy napfoltok, szupernovák)

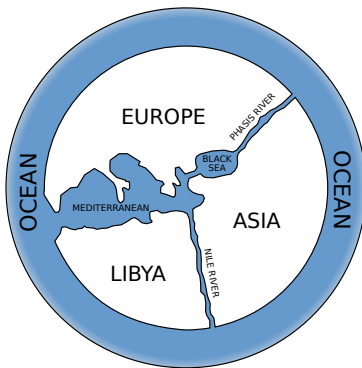
A Föld lapos?

Legőszibb kép: a Föld lapos, és valamik tartják. (Oszlopok, elefántok, teknősök, stb.)



A Föld lapos?

A lapos Föld jó közelítés, ha csak pár ezer km-t tudunk bejárni!



Anaximandrosz világtérképe
i.e. 550 körül

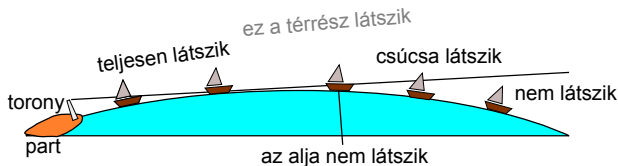


Ez a rész csak kicsi darabja
a földgolyónak!

A Föld gömb alakú?

Pitagoreusok: a Föld gömb alakú.

- A gömb a “tökéletes alak”.
- Távolodó hajó az aljától kezdve fokozatosan tűnik el a föld görbülete miatt.

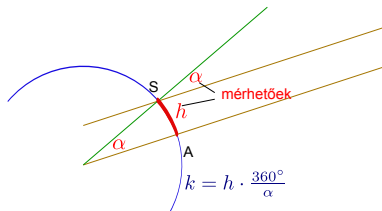
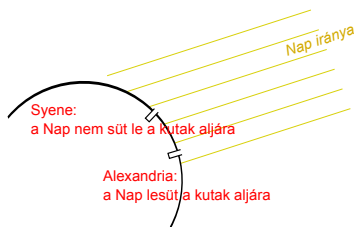


- Holdfogyatkozáskor a Föld árnyéka a Holdon mindig kör alakú.



A Föld gömb alakú?

Eratoszthenész mérése:



- Eratoszthenész (kb. i.e. 230): 40 000 km
- Ptolemaiosz (i.sz. 150): 30 000 km

Utóbbi fogadja el a középkori Európa, ezért hiszi Kolombusz, hogy könnyen eljuthat Indiába nyugat felé hajózva.

Direkt bizonyíték a gömb alakra még hiányzik.

A Föld mozgása

Ha a Föld gömb alakú, akkor minden oldalról szabad, tehát **elvileg mozoghat**.

Célszerű feltételezni a forgást, mert így nem a nagy kozmosz forog, hanem a kicsi Föld. Többen fel is tételezik ezt, de a tapasztalat semmi ilyenre nem utal.

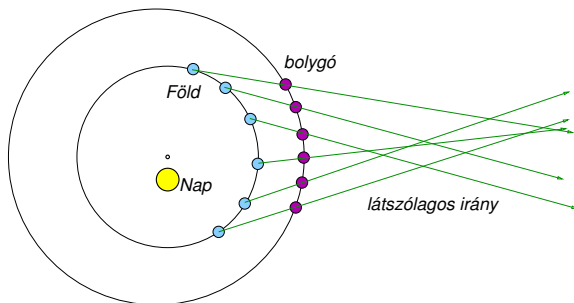
A Föld mozgását már kevesebben képzelik el, mert nem tűnik ésszerűnek. (Nem érezni semmit, a valódi távolságok és méretek ismeretlenek.)

Általános kép

A **csillagok** egymáshoz képest nem változtatják a helyüket: gömbre vannak felragasztva.

A **Nap és a Hold** kb. egyforma szögsebességgel látszik mozogni: közel körpálya feltételezése.

A **bolygók** nagyjából egy irányba keringenek, de néha visszafordulnak: körpályák kombinációjának feltételezése.



Görög elméletek

A többiek bolygómozgási elméleteit nagyon kevésbé ismerjük. A görögök pontatlanabbul mértek, mint a mezopotámiaiak, de jobbak voltak elméletben.

Görög elméletek

A többiek bolygómozgási elméleteit nagyon kevésbé ismerjük. A görögök pontatlanabbul mértek, mint a mezopotámiaiak, de jobbak voltak elméletben.

Alapvető megfigyelések:

- az égitestek is gömb alakúak
- a Holdnak nem saját fénye van
- a nap- és holdfogyatkozás geometriai jelenség

Két fő vonulat:

- Pithagorasz–Eudoxosz–Arisztotelész–Ptolemaiosz: a Föld áll, a bolygók epiciklikus pályán keringenek
- Hérakleidész, Arisztarkhosz: a Nap a középpont, e körül kering minden epiciklikus pályákon

Az epiciklusok

A görögök ragaszkodtak a **körpályához**:

- illeszkedik a kvalitatív megfigyelésekhez
- szimmetrikus, “tökéletes” alak

Az epiciklusok

A görögök ragaszkodtak a **körpályához**:

- illeszkedik a kvalitatív megfigyelésekhez
- szimmetrikus, “tökéletes” alak

A mai ember kérdései:

- Hogyan sikerült körpályákból kirakni a valóságos ellipszispályákat?
- Hogyan sikerült a Föld mozgásának hatását figyelembe venni?

Az epiciklusok

A görögök ragaszkodtak a **körpályához**:

- illeszkedik a kvalitatív megfigyelésekhez
- szimmetrikus, “tökéletes” alak

A mai ember kérdései:

- Hogyan sikerült körpályákból kirakni a valóságos ellipszispályákat?
- Hogyan sikerült a Föld mozgásának hatását figyelembe venni?

Válasz: **körpályák kombinációjával**.

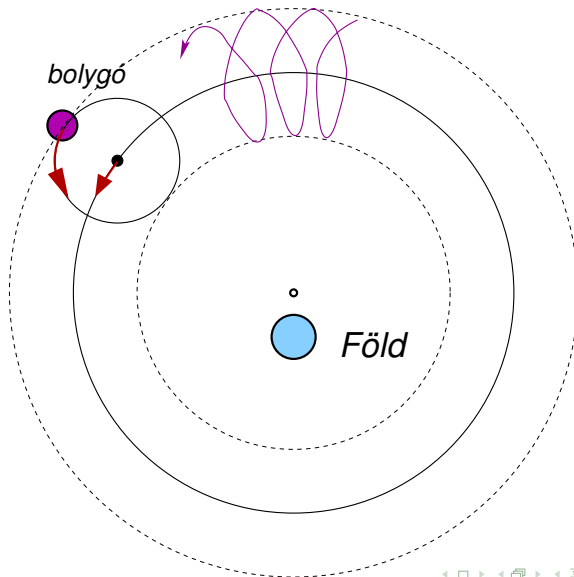
Első írásos nyom: **Eudoxosz** (i.e. 400–347?)

Alapötlet és fizikai modell: átlátszó gömbök közt görgő gömbökön vannak a bolygók.

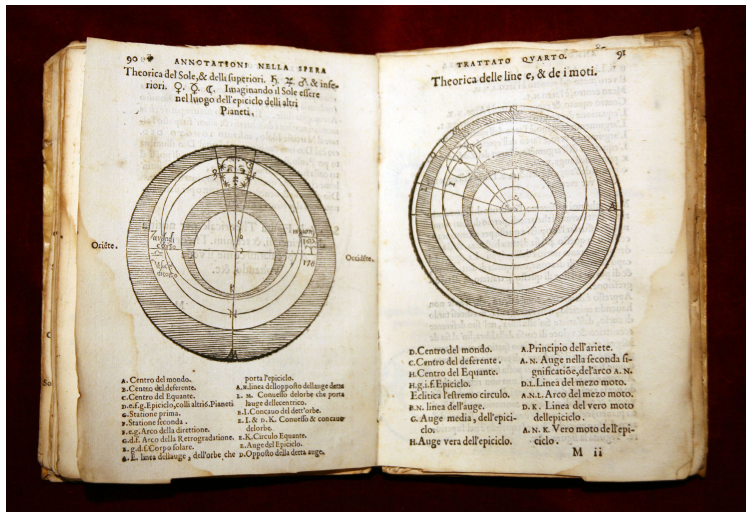
Továbbfejlesztés: Arisztotelész, **Ptolemaiosz** (i.sz. 85–165)

... az epiciklusok

Alapséma:



Az epiciklusok egy 1550-beli könyvben



A ptolemaioszi rendszer

A földközéppontú világkép csúcsa.

Ptolemaiosz (Klaudiosz):

- összegzi az elődök munkáit
- pontosítja az epiciklusok számszerű adatait
- kb. 50 kör kombinálásával **1/3 foknyi pontosságú** bolygópozíciók produkálása
- sok egyéb csillagászati megfigyelés

A ptolemaioszi rendszer

A földközéppontú világkép csúcsa.

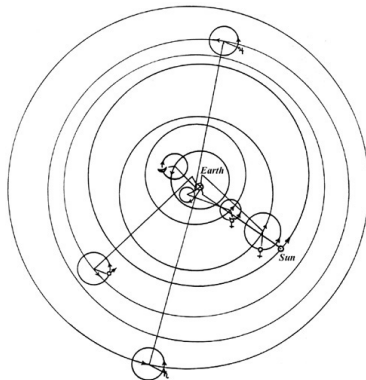
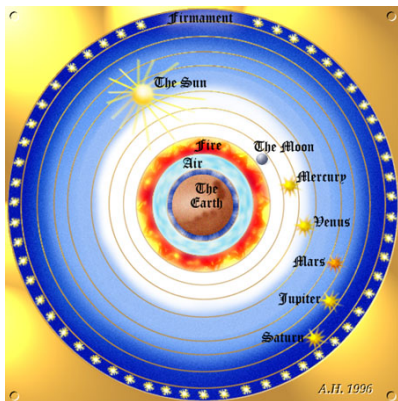
Ptolemaiosz (Klaudiosz):

- összegzi az elődök munkáit
- pontosítja az epiciklusok számszerű adatait
- kb. 50 kör kombinálásával **1/3 foknyi pontosságú** bolygópozíciók produkálása
- sok egyéb csillagászati megfigyelés

Munkája arab közvetítőkön keresztül eljut Európába, ezért a földközéppontú (geocentrikus) világképet szokás ptolemaioszi világképnek nevezni.

Gyakorlati céloknak bőven megfelelt kb. 1500 éven keresztül!

A geocentrikus világkép



Áttekntő kép és egyszerűsített pályaelemek.

A napközéppontú elméletek

- Hérakleidész (kb. i.e. 370): a Merkúr és a Vénusz a Nap körül keringenek.
- **Arisztarkhosz** (i.e. 270): Nap középpontú világkép.

A mechanika fejletlensége miatt a Földnek nem tulajdoníthattak mozgást a görögök. A tapasztalatnak ellentmondani látszott a Föld mozgása.

Miért nem érezzük a nagy sebességű mozgást? Miért nem tükröződik a csillagok látszó mozgásában?

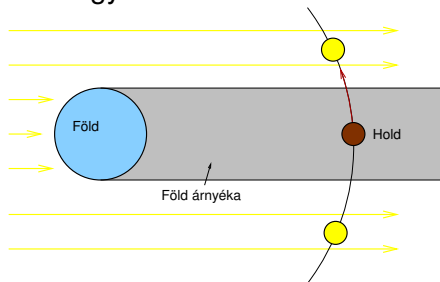
A számoszi Arisztarkhosz mérései

(számoszi) Arisztarkhosz (i.e. 310–230): a történelem egyik legnagyobb csillagásza.

Zseniális ötletek a **kozmosz távolságmérés**ben.

Hold-Föld távolság mérése

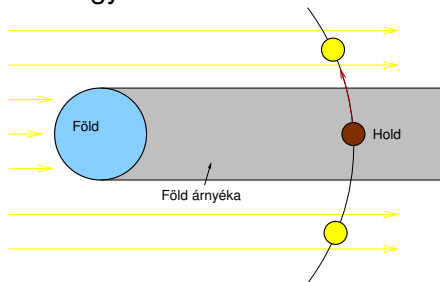
Holdfogyatkozás:



Az árnyékról látható, hányszor nagyobb a Föld, mint a Hold.
De a Föld mérete ismert, így a Holdé kiszámítható.

Hold-Föld távolság mérése

Holdfogyatkozás:



Az árnyékról látható, hányszor nagyobb a Föld, mint a Hold.
De a Föld mérete ismert, így a Holdé kiszámítható.
Azt viszont tudta, hogy kb. fél fokosnak látszik a Hold a Földről.
Méret+szögméret \Rightarrow távolság.

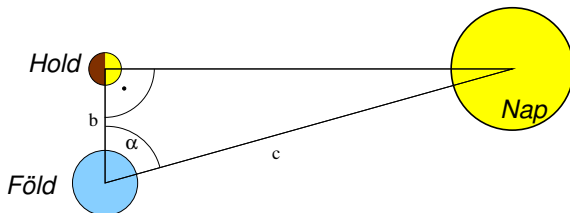
Mérés:

- A Hold kb. negyedakkora átmérőjű, mint a Föld.
- Föld-Hold távolság kb. 60 földszugárnyi.

Szuper mérés! A pontos érték: 62 földszugár.

Nap-Föld távolság mérése

Ötlet: félholdkor mérjük meg a Nap-Hold szögtávolságot (α):



Innen a Nap-Föld távolság: $c = b / \cos \alpha$ (Arisztarkhosz szerkesztette, nem számolta!)

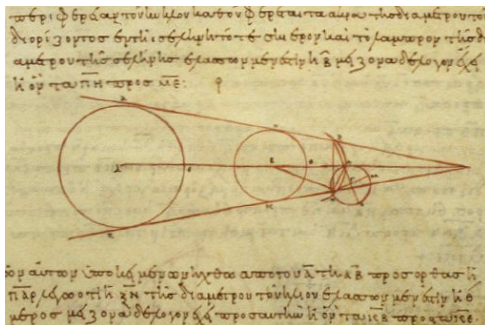
Sajnos kicsit félremért, így $c \approx 20b$ -t kapott a helyes $c \approx 400b$ helyett.

De ebből is kiderült, hogy a Nap nagyobb, mint a Föld!

Következtetés: **A Nap a középpont.**

Nap-Föld távolság mérése

Egy 10. századi másolat Arisztarkhosz eredeti művéről.



Nap, Föld és Hold relatív méretei.

Sajnos nem dolgozta ki részletesen, nem adott meg pályaparamétereket és adós maradt annak megmagyarázásával, miért nem érezzük a Föld mozgását.

Alig követik néhányan, valószínűtlen hipotézisként kezelik a napközéppontúságot.

Közkeletű tévedések

Elterjedt hamis képek az ókori csillagászatról:

- A Földet régen laposnak hitték (még a középkorban is).
- A kozmoszról alkotott képet mindig átjárták a vallási elképzelések és ezek a fejlődés gátjai voltak.
- A Föld-középpontú (geocentrikus) rendszer hülyeség, nem is érthető, komoly ember hogyan hihetett benne.
- Kopernikusz találta fel a Nap-középpontú (heliocentrikus) világképet.

Valójában az ókori csillagászat számos eredménnyel bírt, hiányosságai az adott körülmények közt jól érthetőek.

Értékelés

Érdemek:

- Az ókori csillagászok **óriási megfigyelési anyagot** gyűjtöttek össze.
- Alkottak egy modellt, ami **mérési pontosságon belül megfelelt** a megfigyeléseknek.
- Ez a modell **összhangban volt a fizikai elméleteikkel**.

A hiányosságok oka:

- Műszerek hiánya (pontosabb szögmérés, távcső hiánya)
- Az alap fizikai elméletek hiányosságai.
- Matematikai eszközök hiányosságai.

Komoly előrelépésre a középkor végére érik meg az idő.