

Fizikatörténet

Az ókori kozmoszkép

Horváth András
SZE, Fizika és Kémia Tsz.

v 1.5

Bevezetés

AFKT 1.3.3., AFKT 1.4.2., AFKT 1.4.3.

Szó értelme: kozmosz = rend.

Ősi 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.**

Ősi 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.**

Ősi 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

Arisztotelész: az égi mozgások egész más természetűek, mint a földiek. (ld. előbb)

Égi és földi dolgok kapcsolata

Arisztotelész: az égi mozgások egész más természetűek, mint a földiek. (ld. előbb)

Hermész Triszmegisztosz: Smaragd tábla

Szerző: nem történelmi személy. (legenda: i.e. 10–12.sz.d.)

“Tabula Smaragdina”: Ókori alapmű, középkori alkímiában is használták.

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.

Ahogy minden dolog az egyből származik, az egyetlen gondolatból, a természetben minden dolog átvitelrel az egyből keletkezett.



Égi és földi dolgok kapcsolata

Arisztotelész: az égi mozgások egész más természetűek, mint a földiek. (ld. előbb)

Hermész Triszmegisztosz: Smaragd tábla

Szerző: nem történelmi személy. (legenda: i.e. 10–12.sz.d.)

“Tabula Smaragdina”: Ókori alapmű, középkori alkímiában is használták.

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.

Ahogy minden dolog az egyből származik, az egyetlen gondolatból, a természetben minden dolog átvitelrel az egyből keletkezett.



Kinek van igaza? A tapasztalat látszólag Arisztotelészt igazolja.

Egységes égi-földi törvények: nincs meg a természettudományos alapja az ókorban.

Alapvető megfigyelési tények

Az ókori ember sokat nézett az égre. Általános **megfigyelési tapasztalatok**:

- **Nap és Hold**: két égitest nem pontszerű, sok fényt ad, de ezek is körbejárnak
- **“állócsillagok”**: az égitestek egy része kis fénypont, melyek egymáshoz képest nem változtatják helyzetüket és fényességüket
- **“bolygócsillagok”**: más égitestek csillagszerűek, de a csillagokhoz képest folytonos, bonyolult mozgást végeznek
- **napi mozgás**: az égitestek kb. 1 nap alatt körbejárnak (a csillagok is felkelnek, lenyugszanak)
- **a Föld stabil**: mozgására utaló jel nincs, nem érzünk semmit
- **időbeli állandóság**: mindez generációk óta egyformán így történik
- **térbeli állandóság**: mindez a távoli helyekről nézve is ugyanúgy látszik

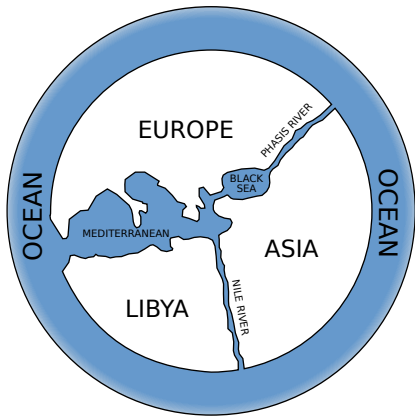
A Föld lapos?

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



A Föld lapos?

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



Anaximandrosz világtérképe
i.e. 550 körül

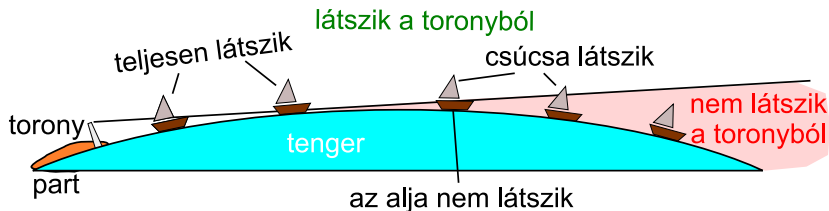


Ez a rész csak kicsi darabja
a földgolyónak!

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.

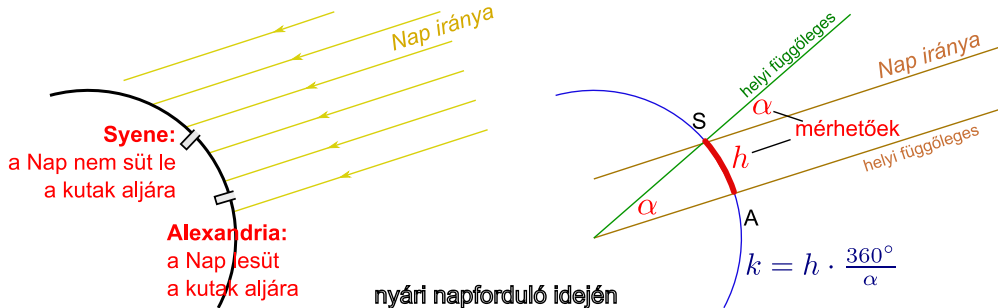


- Holdfogyatkozáskor a Föld árnyéka a Holdon mindig kör alakú.



A Föld gömb alakú?

Eratoszthenész mérése (kb. i.e. 230): 40 000 km (mai egységekben)



Később többen megméri, pl. Ptolemaiosz (i.sz. 150): 30 000 km

(Ptolemaiosz miatt hiszi Kolumbusz, hogy könnyen eljuthat Indiába nyugat felé hajózva.)

Direkt bizonyíték a gömb alakra **még hiányzik**. (Nem hajózták még körbe a Földet.)

A Föld mozgása

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

Forgás: logikus ötlet, mert így nem a nagy kozmosz forog, hanem a kicsi Föld.

Megvizsgálják, de elvetik:

- Nem érződik a forgás hatása.

A Föld mérete ismert, ha ez 24 óra alatt megfordul, az elképesztően nagy sebességet jelent. Éreznünk kellene!

- Úgy tűnik, a Föld minden másnál nagyobb.

Elképzelés: a Hold és a Nap 5–10 földátmérőnyire van. Ebből sokkal kisebb méret adódik, mint a Földé.

A bolygók és csillagok legfeljebb 20–50 földármérőnyire vannak: Legfeljebb néhány km-esek.

- A Föld forgása nem magyarázna meg mindent.

Más a látszó periódusa a Napnak, Holdnak, bolygóknak, állócsillagoknak. Mindenképp kell nekik is mozgást tulajdonítani.

Az (álló)csillagok mozgása

Ma már tudjuk, hogy a csillagok:

- a Naphoz hasonlóak (vannak kisebbek és nagyobbak is)
- sokmilliárdszoros földátmérőnyire vannak tőlünk és egymástól
- gyorsan mozognak, de ez a távolság miatt csak évezredek alatt válik észlelhetővé

Az (álló)csillagok mozgása

Ma már tudjuk, hogy a csillagok:

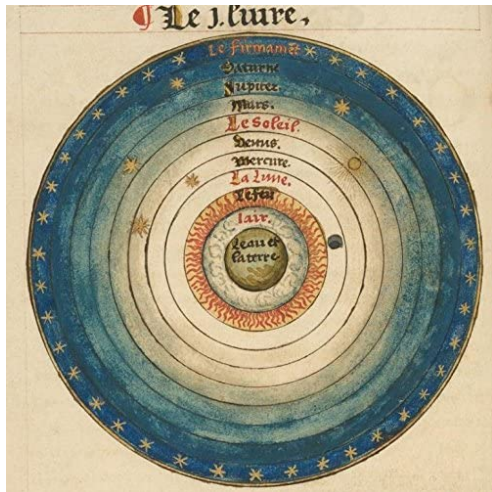
- a Naphoz hasonlóak (vannak kisebbek és nagyobbak is)
- sokmilliárdszoros földátmérőnyire vannak tőlünk és egymástól
- gyorsan mozognak, de ez a távolság miatt csak évezredek alatt válik észlelhetővé

Ókori elképzelés: a csillagok egy gömbre vannak rögzítve.

Kicsi fénypontok vagy önálló fénnel vagy visszaverik a Nap fényét vagy lyukak, amin keresztül az égi tüzeket látjuk.

Praktikus használat: csillagképek.

Fix alakzatok, könnyítik a tájékozódást.



Az Nap és a Hold mozgása

Ma már tudjuk, hogy:

- a Hold tényleg a Föld körül kering, kb. egy hónapos periódussal, enyhén lapult ellipszispályán
- a Föld a Nap körül kering 1 éves periódussal, enyhén lapult ellipszispályán

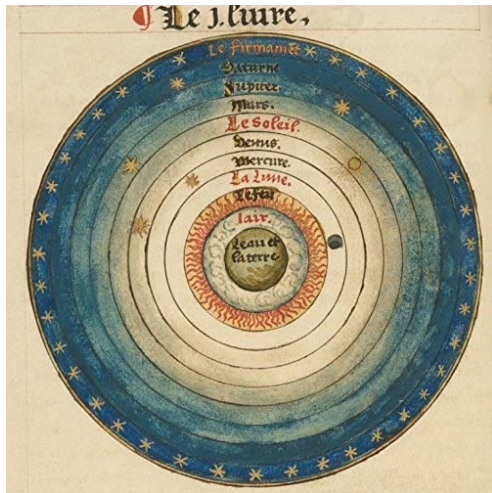
Az Nap és a Hold mozgása

Ma már tudjuk, hogy:

- a Hold tényleg a Föld körül kering, kb. egy hónapos periódussal, enyhén lapult ellipszispályán
- a Föld a Nap körül kering 1 éves periódussal, enyhén lapult ellipszispályán

Ókori elképzelés:

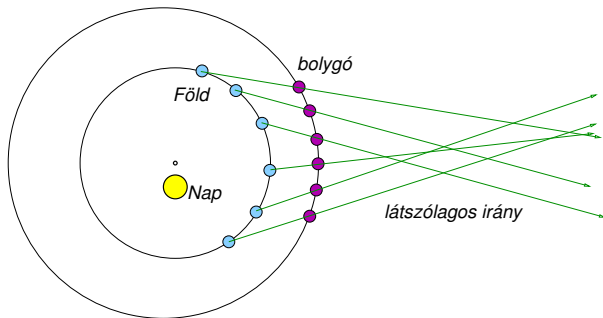
- a Föld nem mozoghat, mert éreznünk kellene
- a Nap és a Hold a Föld körül kering közel körpályán
- a Nap és a Hold is sokkal kisebb a Földnél



A bolygók mozgása

Ma már tudjuk, hogy:

- a bolygók a Nap körül keringenek, kb. egy irányban, enyhén lapult ellipszispályán
- a Föld is egy bolygó
- a bolygók azért látszanak bonyolult pályájúnak a Földről, mert eltérő szögsebességgel keringenek ők és mi is a Nap körül.



Ókori elképzelés: A bolygók körökből kirakható, hurkolódó pályákon keringenek a Föld körül. (lásd később)

Görög elméletek a bolygómozgásra

Mezopotámia: pontos bolygó-pozíció mérések, de elméleteiket nem ismerjük.

Görögök: pontatlanabb mérések, de fejlett elméletek.

Görög elméletek a bolygómozgásra

Mezopotámia: pontos bolygó-pozíció mérések, de elméleteiket nem ismerjük.

Görögök: pontatlanabb mérések, de fejlett elméletek.

Alapvető eredmények, elméletek:

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

Mi áll a bolygópályák közepén? 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 **körpályá**hoz:

- szimmetrikus, “tökéletes” alak
- illeszkedik a kvalitatív megfigyelésekhez
- csak hogy a számszerű megfigyelésekhez nem illeszkedik!

Az epiciklusok

A görögök ragaszkodtak a **körpályához**:

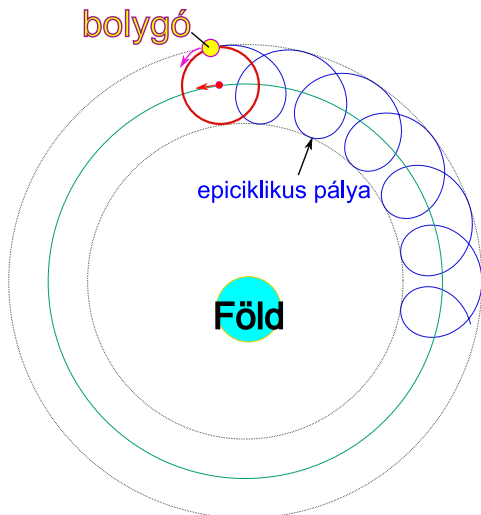
- szimmetrikus, “tökéletes” alak
- illeszkedik a kvalitatív megfigyelésekhez
- csak hogy a számszerű megfigyelésekhez nem illeszkedik!

Kombináljuk a körpályákat! Epiciklusok.

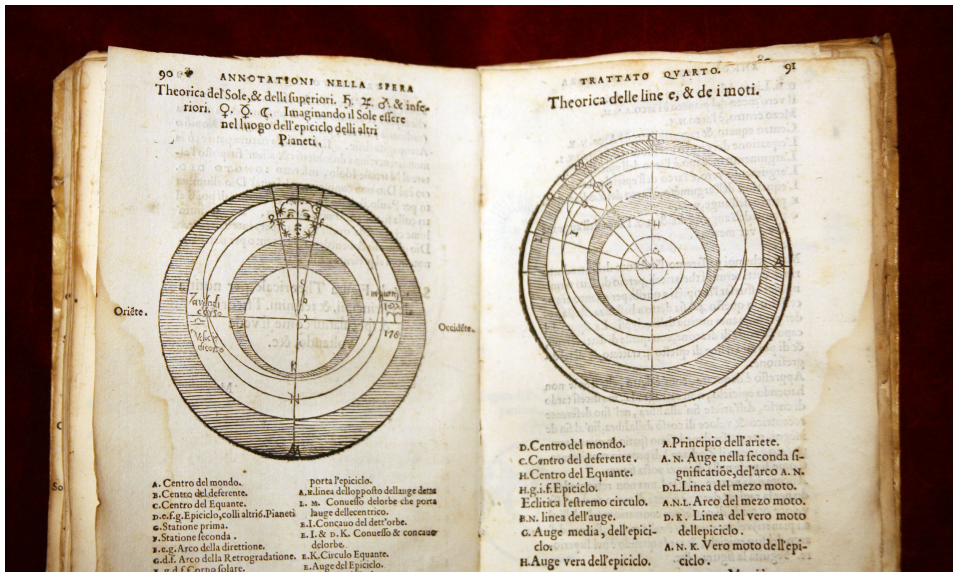
Első írásos nyom: **Eudoxosz** (i.e. 400–347?)

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

Későbbi hivatkozás: “az égi szférák”.



Az epiciklusok egy 1550-beli könyvben



A földközéppontú elméletek csúcsa: a ptolemaioszi rendszer

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

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 földközéppontú elméletek csúcsa: a ptolemaioszi rendszer

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

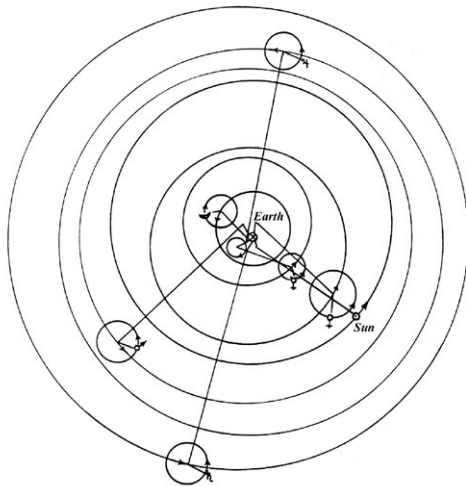
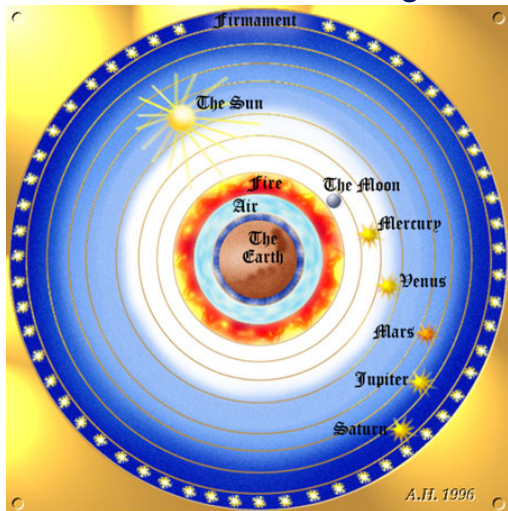
Ptolemaiosz (Klaudiosz):

- 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



Áttekintő kép és egyszerűsített pályaelemek.

A napközéppontú (heliocentrikus) elméletek

Mozoghat a Föld?

- a földi dolgok természetes állapota a nyugalom: a Föld sem mozog
- a nagy sebességű mozgást észlelnünk kellene
- ha a Nap körül keringenénk, az állócsillagokon látszani kellene

A napközéppontú (heliocentrikus) elméletek

Mozoghat a Föld?

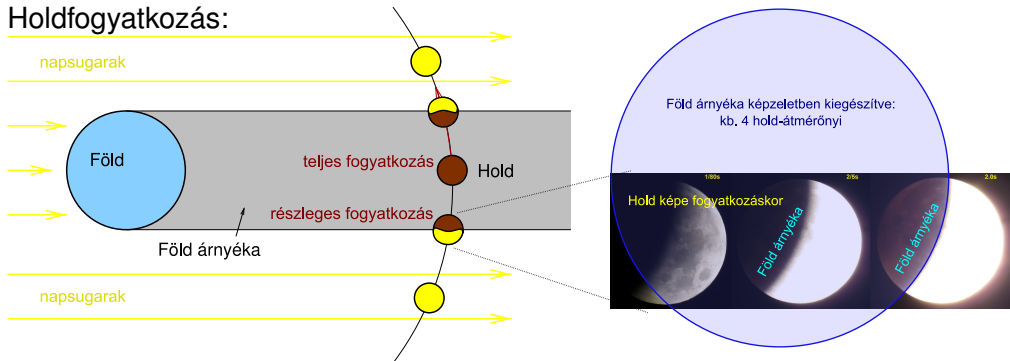
- a földi dolgok természetes állapota a nyugalom: a Föld sem mozog
- a nagy sebességű mozgást észlelnünk kellene
- ha a Nap körül keringenénk, az állócsillagokon látszani kellene

Ennek ellenére felmerül a gondolat:

- **Hérakleidész** (kb. i.e. 370): a Merkúr és a Vénusz a Nap körül keringenek. Ötlet forrása: Egyiptom; a Merkúr és a Vénusz nem távolodnak el a Naptól egy adott szögértéknél jobban.
- **Arisztarkhosz** (i.e. 270): Nap középpontú világkép. Zseniális ötletek a **kozmosz távolságmérés**ben: a Nap nagyobb, mint a Föld!

Arisztarkhosz: Hold-Föld távolság mérése

Holdfogyatkozás:

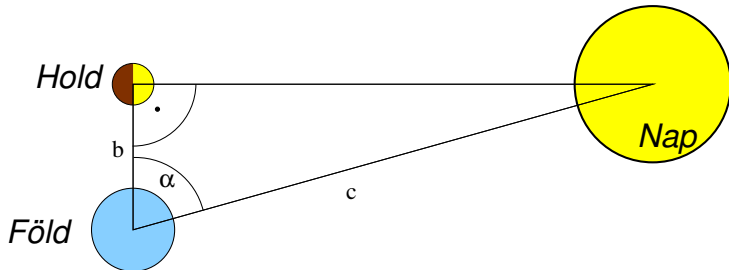


1. Föld árnyékának görbülete \Rightarrow a Föld kb. 4-szer nagyobb, mint a Hold.
2. Föld mérete ismert \Rightarrow megvan a Holdé is.
3. Hold mérete + Hold szögátmérője ($0,5^\circ$) \Rightarrow **Föld-Hold távolság kb. 30 föld-átmérőnyi.**

Jó közelítés! (Valójában 31 föld-átmérő.)

Nap-Föld távolság mérése

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

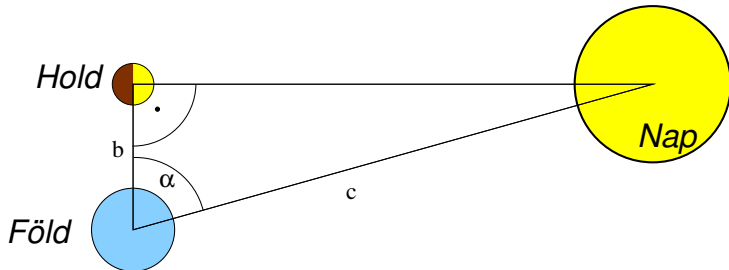


Nap-Föld távolság: $c = b / \cos \alpha$ (Arisztarkhosz szerkesztette, nem számolta!)

Eredmény: $c \approx 20b$, a Nap kb. 5-ször nagyobb a Földnél! \Rightarrow A Nap a középpont.

Nap-Föld távolság mérése

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



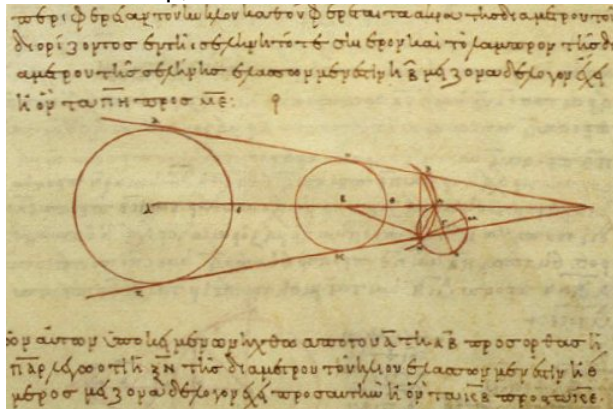
Nap-Föld távolság: $c = b / \cos \alpha$ (Arisztarkhosz szerkesztette, nem számolta!)

Eredmény: $c \approx 20b$, a Nap kb. 5-ször nagyobb a Földnél! \Rightarrow A Nap a középpont.

A mérés az akkori eszközökkel pontatlan volt. Valójában $c \approx 400b$ és a Nap átmérője kb. 100-szorosa a Földének.

Nap-Föld távolság mérése

10. századi másolat Arisztarkhosz eredeti művéről: Nap, Föld és Hold relatív méretei.



(Nem számolt, hanem szerkesztett!)

Hiányok:

- Nem dolgozza ki a részleteket. (Pályaméretek, keringési idők.)
- A mérés bizonytalansága miatt kételyek a következtetésben.
- Hiányzó ok: miért nem érezzük a Föld mozgását?

⇒ Sokáig csak valószínűtlen hipotézisként kezelik a napközéppontúságot.

A görög csillagászok sem vették komolyan... (Ptolemaiosz?)

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 eredményt ért el, 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.