

A kopernikuszi fordulat

„nemhivatalos” jegyzet

Készült **Kutrovácz Gábor** azonos című tudománytörténeti előadása alapján
a 2003/2004. 1. félévében.

Készítették:

Kovács Zsuzsanna (korszusa@ludens.elte.hu)
Galambos Antal,
Galambosi Nándor,
Király Tamás,
Pálincás Péter,
Sipos Ádám

Tartalomjegyzék

Tematika	4
Bevezetés.....	4
Miért nem gondoltak erre előbb?.....	4
A "kozmosz" születése: korai görög természetbölcselet és kozmológia.....	5
Kezdetleges világképek	5
A korai görög kozmológia nézetei (i.e. 7. sz. vége – i.e. 6. sz. eleje).....	7
Thalész	7
Araximenész	7
Anaximandrosz	7
Püthagorasz	8
Anaxagórasz	9
Platón.....	9
Az antik csillagászati világkép alapelemei	10
Eudoxosz	10
Kallipposz	11
Arisztotelész	11
A Föld mozog.....	12
Atomista filozófusok.....	12
Hérakleidész	13
Arisztarkhosz.....	13
Eratosztthenész.....	15
Apollóniosz	16
Hipparkhoszi csillagászat.....	16
Ptolemaiosz.....	17
A középkori kozmosz rendje.....	19
Szt. Ágoston.....	19
Lactantius.....	19
Cosmas	19
Iszlám Birodalom.....	20
Európa.....	20
Aquinoi Szt. Tamás	20
XIV. századi fizikusok	21
A reneszánsz.....	22
John of Holywood (Jean de Sacrobosco).....	22
Johannes Gmundes (Degmundes).....	22
Georg Peurbach	22
Johannes (Müller) Regiomontanus	22
Girolamo Fracastoro és G. Amici	23
Nicolaus Cusanus.....	24
A kopernikuszi fordulat	25
Nikolausz Kopernikusz.....	25
A kopernikuszi hipotézis XVI. századi fogadtatása	28
Erasmus Reinhold.....	28
Thomas Digges	28
Edward Wright.....	29
John Donne	29
Giordano Bruno	29

Tycho Brache.....	29
Johannes Kepler.....	31
Galileo Galilei.....	33
A modern világregrend kialakulása.....	35
A térfelfogás átalakulása, a végtelen világegyetem létrejöttének eszméje.....	36
Atomista gondolatok.....	36
Mitől mozognak a bolygók?.....	37
Miért esnek le a testek a földre?.....	37
Isaac Newton.....	38

Tematika

1. A "kozmosz" születése: korai görög természetbölcselet és kozmológia
2. Az antik csillagászati világbép alapelemei: a kozmosz mint geometriai (Platón) és fizikai (Arisztotelész) rend
3. Az antik tudományos csillagászat nézetei és eredményei (Eudoxosz, Apollóniosz, Hipparkhosz, Ptolemaiosz, Arisztophanész)
4. A középkori kozmosz rendje: a biblikus világtól a skolasztikus csillagászati dogmatikáig és a humanizmusig
5. Kopernikusz fordulata: a bolygómozgások problémájának technikai megoldása vagy gyökeres szemléletváltás?
6. A 16. század reakciója: Tycho Brahe modelljétől Giordano Bruno végtelen világáig
7. Kepler: misztikus álmodozó vagy az "égi fizika" tudományának megteremtője?
8. Galilei: a két világrendszer ütközése, vallás és tudomány szembefordulása
9. A modern világrend kialakulása, Newton szintézise

Bevezetés

Miért nem gondoltak erre előbb?

- már az ókorban próbálkoztak, és érvekkel alátámasztották "igazukat"
- ezeket a dolgokat egyszerűen elfogadjuk annak, aminek mondják
- őrült gondolatok hétköznapivá válhatnak, ehhez azonban más gondolatokat is meg kellett változtatni a Föld mozgásával, tér fogalmának változásával, az ember morális helyzetével kapcsolatosan

150 év kellett az elfogadásához:

- újra lett értelmezve a tudomány
- korai csillagászati ismeretek: csak gyakorlati megközelítés
- ókori görögöknél elméleti megértés => "görög csoda"
- Platón
- Arisztotelész, Ptolemaiosz
- bolygók mozgásának matematikai modellel való leírása
- Kopernikusz

A "kozmosz" születése: korai görög természetbölcselet és kozmológia

Kezdetleges világképek

ősi tudományág a csillagászat

2 forrás (meggyőzőek) – Stonehenge, piramisok

- fontos irányúak
- összekötötték a vallással
- lenyűgöző a csillagos ég (pszichológiai hatás)
- nagyon rendszeres, modellként reagál a szervezésben
- tájékozódás: hajózásnál
- indonéz kultúrában is

Naptárkészítés: a munka megszervezése

- Egyiptomiak: $12 \cdot 30 + 5$ nap + $1/4$ szökőév (1460 évenként szinkronban voltak)
régén tökéletes volt a világ, de egy isten megharagudott: ezekben a napokban nem születhetett egy másik isten. Ezért egy harmadik kijelölt még 5 napot, amikor megszülethetett
(egyiptomiak 360 napot dolgoztak – 5 nap: ünnepek)
Julius Caesar alakította ki a mi naptárunk őseit (az egyiptomit vette alapul)
- Mezopotámiában: holdhónapok (29–30 nap)
–> 19 éves ciklusban: van 12 db 12 hónapos éves 7 db 13 hónapos év
Ezzel sokkal jobban meg tudták közelíteni az évek valódi hosszát

Mikor kezdődik az év?

- konvenció, csillagászati magyarázat nincs
- **Egyiptom:** Szíriusz (legfényesebb csillag) heliákus felkelésével hozták összefüggésbe
heliákus felkelés: a Nap mindig más csillagok társaságában látszik; mindig van 1 pillanat, amikor a Nap kelését megelőző csillag feltűnik az égen
A Szíriusz heliákus felkelése egybeesett a Nílus áradásával –> újjászületés, mezőgazdaság elindulása; egy folyó áradása nem biztos, de a Szíriusz heliákus kelése mindig ugyanakkor van
Ha a Szíriusz jelzi a Nílus áradását –> a csillagok mást is előrejelezhetnek –> *asztrológia kialakulása*
- Fontos: sokáig kell megfigyelni, pontos a megfigyelés és valamilyen matematikai ismeret is szükséges

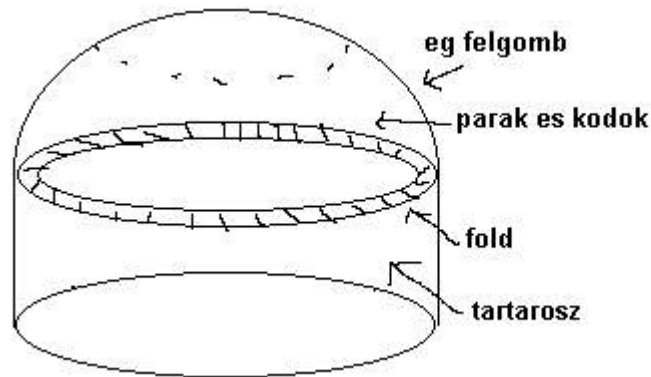
Naptárkészítéshez sok elméleti és gyakorlati ismeret szükséges

Mezopotámia (Babilon): ők már megfigyelésekből gyakorlati jellegű tapasztalatokat vontak le –> náluk alakult ki az asztrológiai gondolkodás

Görögök: ők a világot akarták megismerni, elméleti jelleggel magyarázni –> ez teljesen egyedülálló volt akkor

Homérosztól fennmaradt írások alapján megnézzük, hogyan képzelték el az akkori görögök a világot

Az ég félgömb, Homérosznál szilárd, fémes, "érces ég", tehát szilárd anyag

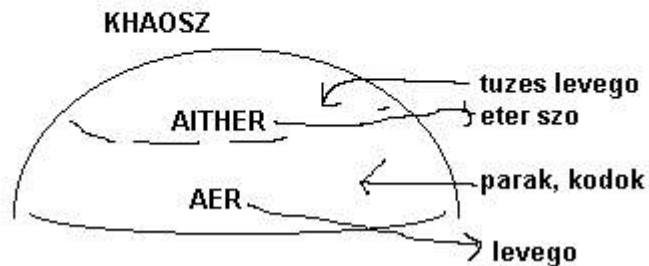


Tartarosz (görög alvilág) az égszféra lefelé nyúló, henger alakú része az ég anyagából, de nem végtelen (a görögök nem fogadták el a végtelen fogalmát) – kérdés: min nyugszik?

(Kína: négyzet alakú föld, felette egy félgömb az ég; ha valaki elég messze megy, nem lesz ég a föld fölött (náluk a 4 égtáj sokkal fontosabb volt, mint máshol)

Egyiptom: lapos, nyúlt tál a Nílus folyója mentén

India: a földet: elefánt tartja, elefántot kígyó, kígyót teknősbéka, az alatt újabb teknősbéka...)



párák, ködök: koszos piszkos dolgok

aér – hasonlít a levegő szavakhoz (angol: air)

khaosz: kezdetben minden rendezetlen/rendszertelen volt

a világ körül: óceán (**Ókeános**), ami egy folyó – a Nap lenyugszik nyugaton, áthajózik az Ókeánoson, és keleten felkel

De! Náluk legalább már csak 1 Nap volt (kínaiaknál: több Nap, több csillag)

Görögökre jellemző: *antropomorf* (emberformájú) természet: megszemélyesítették az égitesteket – istenek

antropomorf világvég – emberi formák a természetben; a természeti létezőkre mint emberekre tekintenek

arkhé: kezdet, őselv; a korai görög gondolkodók mindennek az arkhéját keresték (ezek anyagi vagy filozófiai elvek voltak)

Újszövetség: "Kezdetben vala az ige" = görögben: "Em arkhé..."

az arkhé a világ kezdetét is jelöli -> anarchia, monarchia szavak

azért vezették be, hogy megmagyarázzák a világ kezdetét, ezzel elkezdték megszabadítani az emberi dolgoktól a természetet/tudományt

A korai görög kozmológia nézetei

(i.e. 7. század vége – i.e. 6. század eleje)

Az egyes elképzelések nevekhez, személyekhez kapcsolódnak
emberi elképzelésről: vitázni lehet → vita közben rájöhetnek dolgokra
ekkor már érvelni kell, a szerzők vitatkoztak egymással

Thalész

az első matematikus–filozófus–csillagász

semmilyen műve nem maradt fenn (valószínűleg nem is írt semmit)

Thalészt csillagászként először i.e. 4. században említi *Platón*

később *Hérodotosz* ír róla egy napfogyatkozással kapcsolatban

→ szerinte Thalész megjósolt egy napfogyatkozást (i.e. 585) – ez alapján sejtjük, mikor élhetett

napfogyatkozás előrejelzéséhez: hosszú időre visszamenőleg (száz évek) kellene feljegyzések korábban biztosan nem volt ilyen!

De akkoriban: a mezopotámiaiak már foglalkoztak fogyatkozásokkal (i.e. 4–3 sz.) – lehet, hogy azt használta fel. Előtte a babilóniaiak: évre pontosan tudták megjósolni a napfogyatkozást
Arisztotelész szerint Thalész bizniszelt: az olajsajtolókat előre lestopolta, mert tudta, hogy abban az évben az olajfák termése bőséges lesz; utána jó pénzért bérbe adta. de csak azért, hogy megmutassa, tudna ő sok pénzt keresni, ha akarna, de nem akar.
ez sántít: nem lehet csillagászat alapján megjósolni az olajfák termését

Nála: **arkhé**: víz → a világ a vízen úszik (Thalész: "*Minden csira nedves*" = minden születéshez/teremtéshez víz kell)

Ő a világot anyagi alapon/elven, és nem teológiai alapon próbálta megmagyarázni
Thalész szerint az élőnek víz kell → így a víz él (görögöknél a kavics is élő)

Araximenész

Thalész tanítványa volt (6. sz. közepe–eleje)

Nála az arkhé: levegő

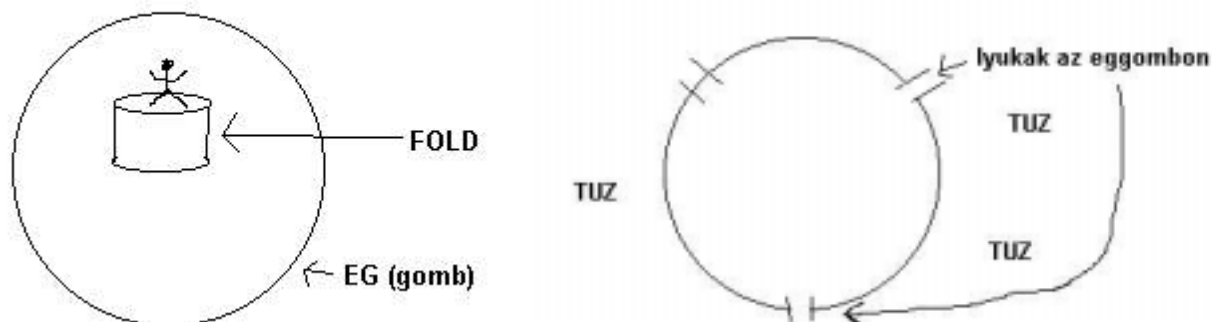
már vitatkozik a mesterrel → érvek kellene, ezeket azonban nem ismerjük

szerinte az egész világ levegő; a föld, az emberek: sűrűsödött levegő, a tűz–kitágult levegő

Anaximandrosz

Szintén Thalész tanítványa (6. sz. közepe–eleje)

Az ő arkhéja: apeiron (határtalan, végtelen) – elvontabb minden anyagnál
ez filozófiai/elvont elv, nem egy kézzel fogható anyag
fennmaradt, hogy szerinte hogy néz ki a kozmosz:



Föld (henger) – állítólag megadta, milyen a szélesség/magasság aránya

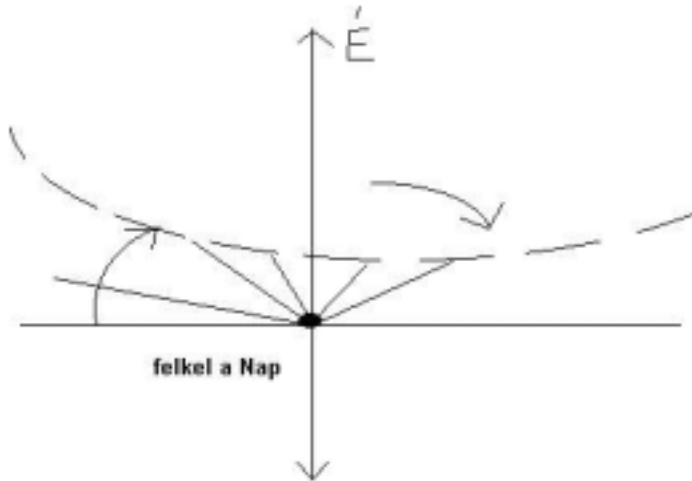
A Föld az éggömb közepén lebeg, nem tartja semmi

(meghatározta a kozmosz matematikai alapjait – ez nem maradt fenn)

Az ég „mögött” nagy tűz ég, s az égen található lyukakon keresztül látjuk a tüzet -> ezek az égitestek (fizikai modellt is konstruált)

szerinte: Nap köre – 27xese a Föld körének, a Hold köre 19xes

csillagok – 9xes távolságra vannak a Föld átmérőjétől



ő volt az első aki gnómón-t használt:

gnómón (napóra): függőlegesen a

földbe szúrt bot

nem ő találta ki az eszközt, de komoly

számításokat végzett

K->NY és rövidül az árnyék

a délet meg lehet könnyen határozni – 1

napi megfigyelés

egy évi megfigyelés: télen hasonló, de

hosszabbak az árnyékok

téli napforduló: amikor a leghosszabb a bot árnyéka délben

nyári napforduló: amikor a legrövidebb a bot árnyéka délben

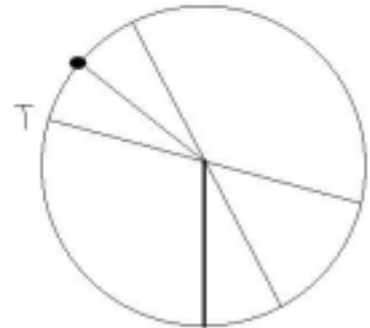
napéjegyenlőség: tél és nyár között van – a tél-nyár ívet kell felezni

jó gyakorlati csillagász is volt

Thalész, Arximenész és Anaximandrosz: a világ őselvét anyagi

alapokra helyezték, Kis-Ázsiában tevékenykedtek; Dél-

Olaszországban: racionális elveket kerestek



Püthagorasz

(ie 6. század eleje-közepe)

létrehozott egy vallásos szektát (Lao-Ce, Buddha, Konfuciusz kortársa volt)

zenemisztika, számmisztika – ezzel is foglalkoztak

ezek titkos tanok voltak, de sokan (csak tanítványok) terjesztették őket -> meg is haltak

náluk az **arkhé:** szám (az egész világ őselve), nem tudjuk, pontosan hogy gondolták

Püthagorasz vallása adott alapot a későbbi természettudományoknak

ő a konkrét dolgoknak számokat feleltette meg

2- férfi; 3 - nő; 5 - kettő összege: házasság

barátság száma: barátságos számpárok (számmisztika)

szerintük az egész világ matematikai felépítésű (a matematika nem a világon kívül álló dolog)

Mit tartottak tanulmányozásra méltónak?

mathémata (-> matematika szó)

théma (ez már többes számban van)

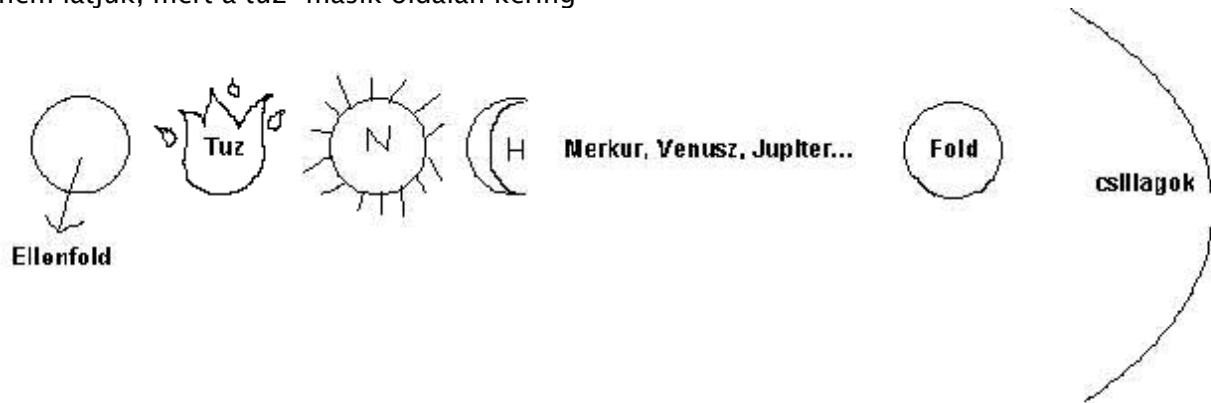
mathémata: *aritmetika, geometria, csillagászat* (olyan szabályszerűségek, mint a

matematikában -> csillagászat az égbolt matematikája), *zene*

zene: harmonikus hangközök – húrok egész aránya -> püthagoraszzi zeneelmélet

legfontosabb pithegorész szerző: **Philolaosz**: már nem volt túl hű pithegorész

A világ középpontjában náluk a Föld helyett tűz van: középponti tűz
mivel 10 volt a misztikus számuk -> kellett a 10. égitest -> ellenföld
nem látjuk, mert a tűz "másik oldalán kering"



ie 5. sz, végén: **atomisták** – oszthatatlan űr és testek, nem volt tapasztalattal alátámasztva

Anaxagorász

A Föld lapos korong a világegyetem közepén
égitestek: izzó kövek (el is űzték Athénból istenkáromlás miatt)
Hold: visszaveri a Nap fényét -> fogyatkozás

Ha valamivel kapcsolatban nagyon sok különböző nézet alakult ki: gondot jelentett, VÁLSÁG
Valaki mindig jött, és összefoglalta: kiválasztottak egyet -> az lesz az adott tudomány
paradigmája

Platón

(i.e. IV. század első fele –Athén):

keleti-görög típusú gondolkodók – anyagi középpontúság
nyugati-görög típusú gondolkodók – minden matematikai középpontú

A világ szerkezetében matematikai vonal mutatkozik meg, érzékszerveink becsaphatóak
(materialista), ezért kell a 4 alapelem (természeti világ körülöttünk); s ezekhez matematikai
formákat kapcsolnak:

- tűz (tetraéderekből áll)
- levegő (oktaéderekből)
- víz (ikosaéderekből)
- föld (kockákból).

Minden ezekből áll.

Az égi világot egy 5. elem (*quinta essentia*) alkotja, mely dodekaéderekből épül fel.

7 mozgás: fel-le, előre-hátra, kör: isteni mozgás, ez méltó rá, időtlen.

A csillagászat Platóni programja: szabályos körmozgással kell leírni az égi világ mozgását.

Akadémia: Platón hozta létre, kb. 900 évig működött, tudósokat hívott meg, hogy együtt
vitassák meg nézeteiket.

Az antik csillagászati világkép alapelemei

Eudoxosz

Platón tanítványa (i.e. IV. század közepe)

tandíjmentességet élvezett az akadémián

kidolgozta a klasszikus görög arányelméletet

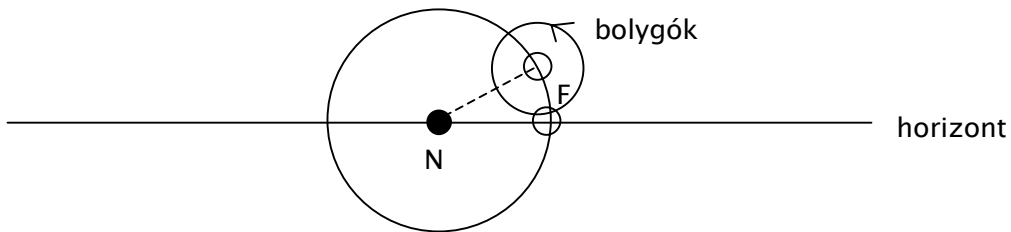
Az állócsillagok és a bolygók tanulmányozása során megalkotta híres elméletét, a "szférákat", ami több mint másfélezer esztendőn át elfogadott világképet jelentett.

elsőként próbálta meg különféle (szabályos) körmozgások kombinációival leírni a Nap, a Hold és a bolygók pályáit

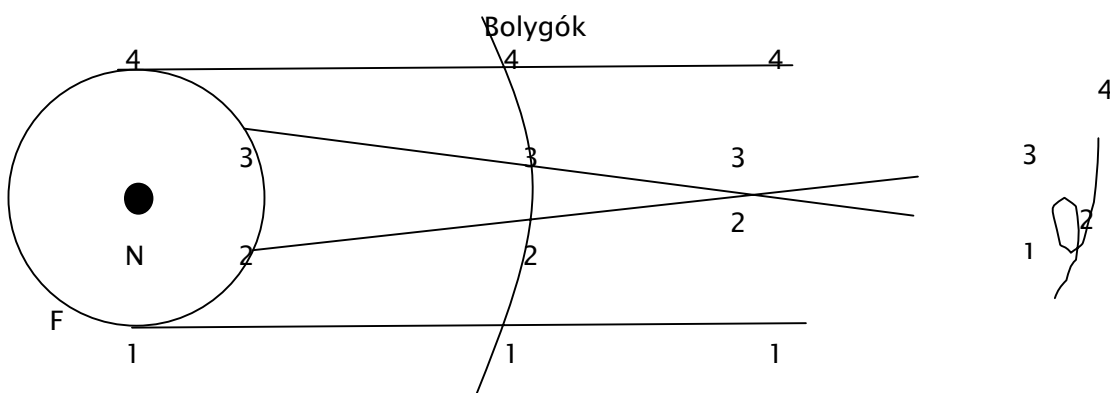
Nap mozgása: kopernikuszi modell

- az égitestek 1 síkban keringenek
- a Föld 1 kört 1 év alatt tesz meg, a Hold egy nap alatt fordul meg a Föld körül

(Az ábrák nem Eudoxosz elméletét ábrázolják, csak a csillagászati fogalmak szemléltetését szolgálják!)



Eudoxosz megfigyelte, hogy a Mars, a Jupiter és a Szaturnusz mozgása különbözik az állócsillagok mozgásától. A legtöbbször rendben mozognak az égen –keletről nyugatra– de hirtelen megtorpanni látszanak, majd látszólag visszafelé indulnak el, s végül újra elindulnak a rendes irányba [1.] (*retrográf mozgás* – lásd az ábrán).



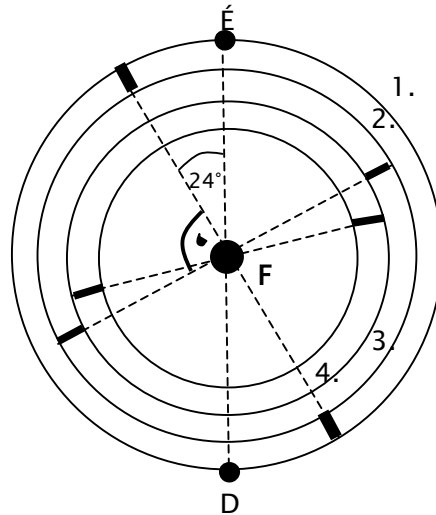
Ezt azzal magyarázta, hogy a mindenség közepe a Föld, és a bolygók keringenek körülötte. A külső bolygók pedig egy olyan középpont körül keringenek, amely középpont a Föld körül kering.

Bolygómozgások:

1. É-D tengely 1 nap
2. 24° (23,5°), átlagos keringés
3. 90°, a Nap éves periódus
4. kis szög, éves periódus

látszólagos mozgás: 3,4

27 gömbhéj, avagy szféra segítségével ábrázolta a bolygók mozgását
 "modell": a valóságban nincsenek gömbhéjak.
 ez csak egy matematikai konstrukció.



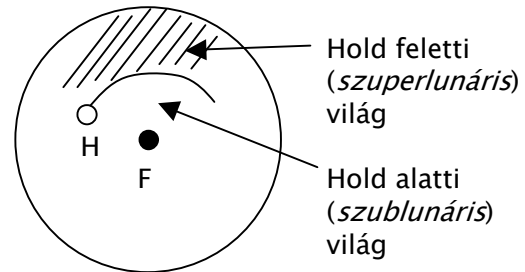
Kalliposz

szintén Platón tanítványa, a bolygóelmélet továbbfejlesztője, nála 34 gömbhéj van.

Arisztotelész

(i.e. IV. század második fele)
 Platón leghíresebb tanítványa

- realista értelmezést adott a modellnek
- "Valóban így történik"
- 1 mechanikai rendszert alkot
- 44 vagy 56 szférát határoz meg



Világegyetemében a Föld áll a középpontban, körülötte a kristályszférák (kristály tökéletes, romolhatatlan anyag). Az anyag mindent kitölt, nincs űr.

A kristályszférákat pedig a „Mozdulatlan Mozgató” vezeti pályájukon. A Mozdulatlan Mozgatóról nézeteit a „Metaphysika” és „De coelo” című műveiben is kifejti.

Az arisztotelészi világgép legfőbb jellemzője a hierarchikus rend: más törvények vonatkoznak az égi szférákra és mások a szublunaris, a Hold szférája által bezárt földi világunkra			
	Kozmosz	Mozgás	Anyag
	<i>zárt, hierarchikus</i>	<i>folyamat és nem állapot</i>	<i>folytonos, nem atomos</i>
	égi szférák, amelyeket a csillagok szférája zár be	mozgás az örök harmónia szerint: egyenletes körmozgás, vagy ilyenek összetétele	változatlan, nem keletkező és nem tűnő anyag: quinta essentia
	szublunaris világ	természetes mozgás: a nehéz lefelé, a könnyű felfelé igyekszik; kényszerített mozgás: minden mozgáshoz vele érintkező mozgató szükséges	az őselemek - föld, víz, levegő és tűz - keveredéséből és szétválásából adódó változások világa
vákuum lehetetlen - fizikailag is, fogalmilag is			

[8.]

„minden, amit mozgatnak, valami mástól kapja a mozgását, ezért a mozgásokban mutatkozó szabálytalanság vagy a mozgatótól, vagy a mozgatottól, vagy mindkettőtől származik. ... E hipotézisek egyike sem alkalmazható az égre. Ha a mozgatotról kimutattuk, hogy az első, egyszerű, nem keletkezik és nem pusztul, és teljességgel változatlan, akkor sokkal inkább ésszerű, hogy a mozgató is ilyen legyen. ... Csakis az első mozgathatja az elsőt, az egyszerű az egyszerűt, a nem keletkező és a nem pusztuló a nem keletkezőt és a nem pusztulót”
„Ha valami mozog, akkor kell, hogy valami mozgassa, de az első mozgatónak önmagában mozdulatlanak kell lennie. Az örökkévaló mozgás pedig örökkévaló mozgatótól, s az egységes mozgás egy mozgatótól származhat.” |Arisztotelész/ [2.]

Így tehát egy isteni tulajdonságokkal rendelkező, testtelen és mozdulatlan lényt ruház fel a szférák tökéletes körpályán való mozgatásával, ez a lény pedig a **Mozdulatlan Mozgató**. Arisztotelésznél a szféráknak lelkük van, s a tökéletesség után vágyakoznak: a Mozdulatlan Mozgatóra akarnak hasonlítani. A szublunáris világot azonban tökéletlennek tartja, abban nincs is matematika.

Tőle származik a „szférák zenéje” kifejezés is: szerinte a szférák súrlódásuk következtében egy bizonyos hangot adnak ki, ezt nevezte a szférák zenéjének.

Arisztotelész **4 különböző változást** nevezett meg:

- keletkezés, pusztulás
- minőségi vált. (egészségből, beteg)
- mennyiségi (növekedés-csökkenés)
- helyváltoztató mozgás

A **mozgásról** pedig a következőket gondolta:

- fenn kell tartani a mozgást, hisz annak oka van (nem létezik tehetetlenség)
- folyamat, nem állapot (van kezdete, vége)
- nagysága egyenesen arányos a mozgató hatással, és fordítottnak a közeg ellenállásával

Nála a **4 alapelem**, és azok minősége:

- tűz (meleg, száraz)
- levegő (meleg, nedves)
- víz (hideg, nedves)
- föld (hideg, száraz)

Arisztotelész szerint a Föld a világegyetem középpontja felé törekszik, azonban a Nap változtatja a hőviszonyokat, a körülményeket (a Nap sugarai tüzet hoznak). Csillagászati modellje közel 2000 évig megmaradt.

A Föld mozog

Atomista filozófusok

Démokritosz és Lénkipposz – i.e. 5. század közepe

Mindent oszthatatlan anyagi testecskékre: atomokra bontanak (atomosz=oszthatatlan). Az atomokat őr választja el egymástól. Ebben az elképzelésben mozog a Föld, mozog minden. Nem fejtettek ki csillagászati hipotéziseket (Pl. miért mozog a Föld?). Ha mégis, nem maradt fenn.

Mégis: abban a korban semmilyen tény nem állt az atomi hipotézis mellett; semmilyen mérés nem támasztja alá, kísérleti tények nem bizonyítják ezt az elképzelést.

A Pithegorus iskola szerint is mozog a Föld. Miért? Mert a Föld túl tökéletlen ahhoz, hogy ő álljon a középpontban => központi tűz áll a kp-ban.

Ezek nem végiggondolt, csillagászati tényekkel alátámasztott elképzelések, mégis bizonyítják, hogy voltak olyan elgondolások, melyekben a Föld mozgott.

Azonban a hétköznapi tapasztalat nem támasztja ezt alá: nem érezzük, hogy mozog. Miért tenné?

Később voltak tudományos érvekkel alátámasztott elképzelések is a Föld mozgásával kapcsolatban.

Hérakleidész

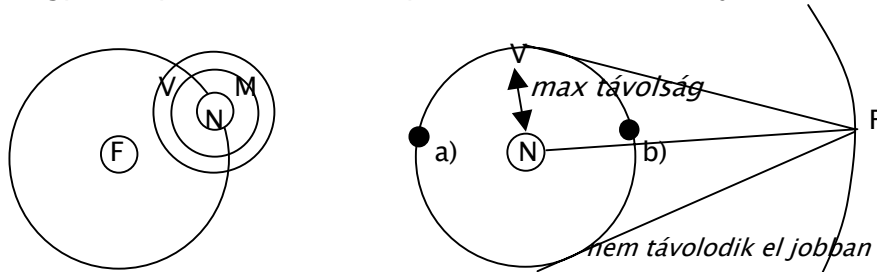
(i.e. 4. sz)

Platón iskolájában program: magyarázzuk meg a Föld mozgását a matematika segítségével. A Föld forog, hiszen ha csillagszféra mozogna, ahhoz hogy 24 óra alatt megforduljon a Föld körül, nagyon gyorsan kéne forognia. Ilyen gyors mozgást pedig nem tapasztalunk.

Már kb. tudták, mekkora a Föld, így azt is tudták, hogy óránként több ezer kilométert meg kellene tennie.

Hérakleidész elmélete szerint a Naphoz legközelebb álló bolygók, a Merkúr és Vénusz a Nap körül keringenek, nem a Föld körül.

Magyarázat: egy bizonyos mértéknél a Nap soha sem távolodik el jobban a Vénusztól.



Másik érve elmélete mellett: a fényesség. Az a) pontban 4x olyan messze van a Földtől, mint b)-ben. Így 16x fényesebbnek látszik b)-ben a)-hoz képest -> ez szabad szemmel is látható.

Problémák ezzel az elmélettel:

- a szférák keresztezik egymást; kristályszférák -> elvileg nem keresztezhetik egymást
- nem túl gazgaságos elmélet: megmagyaráztuk a fényességet, távolságot -> többi bolygó mozgását azonban nem

Arisztarkhosz

(ie. 3. sz)

A történelmi kor:

- a század végén Nagy Sándor birodalma az addigi legnagyobb
- politikailag összeomlik, de kulturálisan fennmarad (ő a görög kultúrát terjesztette)
- Hellenisztikus világ: megszűntettek sok egyedi kultúrát, azonban sok görög mű úgy maradt fenn, hogy ekkor eljutott olyan helyekre, ahol nem volt háború (de görögök is tanultak mástól; pl: mezopotámiaiaktól)

Nagy Sándor birodalmának központja: Alexandria (Észak-Afrika)

Muszeion (Múzsák temploma): királyi kincstárból, állami pénzből tudósok tudományos kutatásokat végeztek, ehhez hasonló ezt követően csak a 18. században volt. (Platón iskolája adományokból tartotta fenn magát).

A világ híres kutatóit hívták a Muszeionba – 100–150 évig tartott, termékeny korszak. Muszeionban könyvtár is volt (Arisztotelész mintájára, neki volt először). 700 ezer könyv: -> 18. századig nem létezett ilyen óriási könyvgyűjtemény! Középkor: néhány tucat könyvből, később is csak párszáz kötetes könyvtárak voltak.

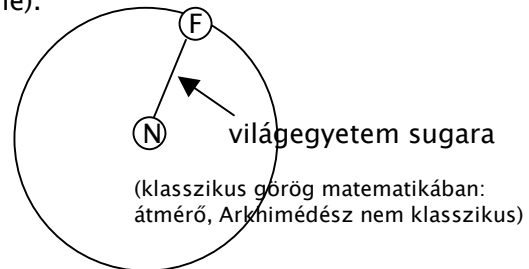
Arisztarkhosz – “az ókor Kopernikusza”

Nála a Nap áll a világegyetem középpontjában, körülötte a Föld, a Föld körül a csillagszféra. A Föld forog is. Sajnos nagyon keveset tudunk erről az elméletről.

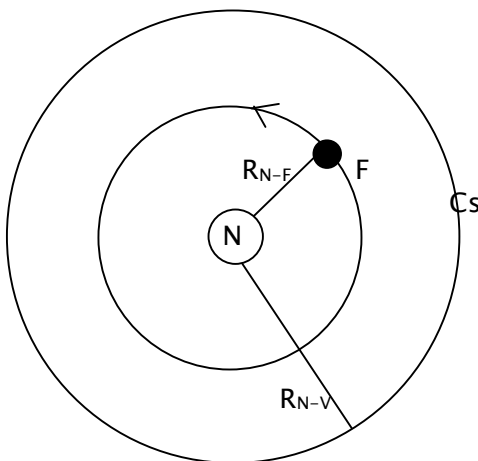
Honnan ismerjük ezt a keveset Arisztarkhosz elméletéről? Arkhimédész munkáiból.

Arkhimédész egyik műve: “Homokszámlálás” (tudománytörténeti kincs). Ez formájában egy levél a királynak, melyben kidolgoz egy helyiértékes (10-es alapú) számrendszert (közel jut a logaritmus fogalmához, a hatványozás is megy benne).

Arkhimédész szerint a világegyetem:



Arkhimédész szerint Arisztarkhosz a következőket gondolta:



A Föld és a csillagok szférájának átmérője úgy aránylik egymáshoz, mint a gömb középpontja a felületéhez.

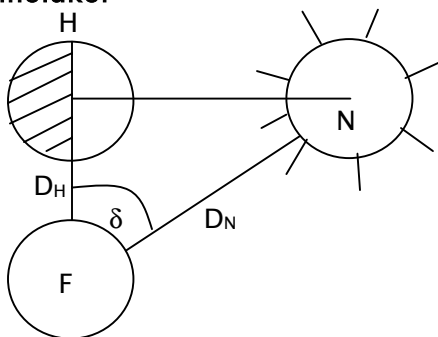
Arkhimédész szerint azonban

$$\frac{r_F}{R_{N-F}} = \frac{R_{N-F}}{R_{N-V}}$$

ahol r_F a Föld sugara, R_{N-F} a Nap és Föld távolsága, R_{N-V} a világegyetem sugara

Arisztarkhosz egy másik műve viszont fennmaradt: „A Nap és a Hold távolságáról és méretéről”
Benne:

1.) Félholdkor



Ez az állás félholdkor észlelhető: A Nap oldalról világítja meg a Holdat
 δ -t lemérjük (távolságukból kiszámítható)

$$\frac{D_N}{D_H} = \frac{1}{\cos \delta}$$

Ezt ebben a formában nem írhatta le, mert még nem voltak szögfüggvények. (A trigonometria létrejött a csillagászatnak köszönhető.)

Arisztarkhosz mérési eredményei:

$\delta=87^\circ$ (azaz a derékszögből a derékszög $1/30$ -adrészevel kevesebb – a görögök derékszögekkel mérték szöget)

Ekkor a $\frac{D_N}{D_H} = 18 - 20$ közötti érték. (Valójában: $\delta=89^\circ 51'$, így $\frac{D_N}{D_H} \approx 400$.)

Ő nem félreszámolt csak félremért. Hiba okai:

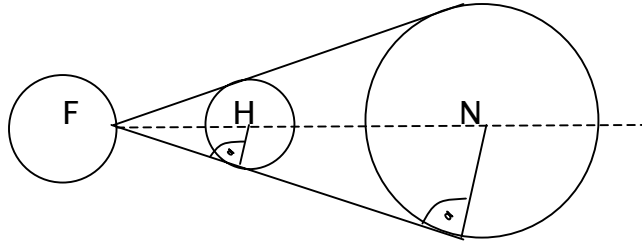
- nem tudta pontosan, mikor van félhold
- bolygók középpontja közötti távolság kéne

=> pontatlan eredmény

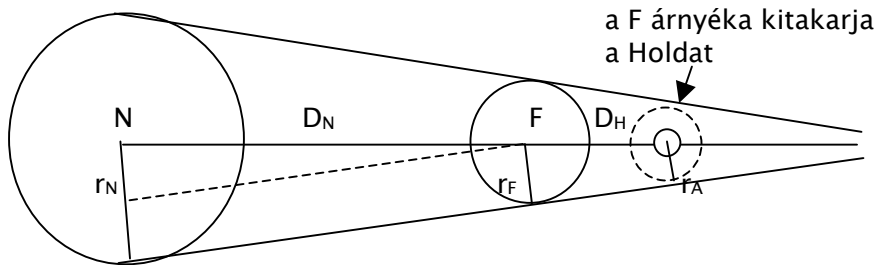
2.) Napfogyatkozáskor

hasonló háromszögek miatt =>

$$\frac{d_N}{d_H} = \frac{D_N}{D_H} \approx 18 - 20$$



3.) Holdfogyatkozáskor



$$\frac{D_N}{D_H} = \frac{r_N - r_F}{r_F - r_A} \approx 7$$

Arisztarkhosz szerint

$$r_A = 2r_H$$

(Valós eredmények: $\frac{D_N}{D_H} = 109$, hiszen $r_A = 3r_H$ – megint elmérte.)

Eratoszthenész

(i.e. 3. sz)

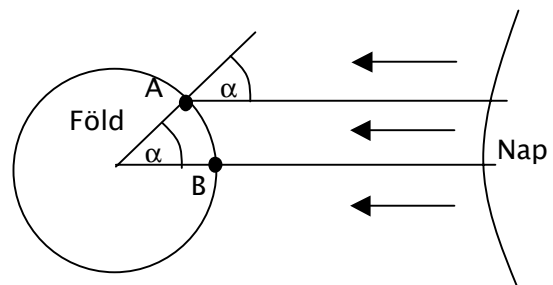
Kiszámolta a Föld kerületét.

Megfigyelte, hogy amikor Szüénében (ma Asszuán) a Nap éppen a zeniten áll, azaz sugarai merőlegesen esnek be, akkor Alexandriában a napsugarak a függőlegestől a teljes kör 50 -ed részével eltérő szög alatt érkeznek. Ebből következik, hogy a Föld kerülete 50 -szer nagyobb, mint az Alexandria- Szüéné távolság. [3.]

$$\alpha = \frac{1}{50} \cdot 360^\circ \Rightarrow K_F = 50 \cdot D,$$

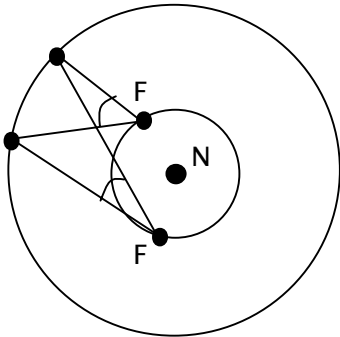
ahol D Alexandria (A pont) és Szüéné (B) távolsága.

$$D \approx 5000 \text{ sztadion} \Rightarrow K_F = 250000 \text{ sztadion}$$



(Alexandriai *sztadion*: hossz mértékegység; 1 sztadion kb. 150 méterrel egyenlő)
 Így a mért terület 42500 km, ami hihetetlenül pontos számítás (valójában kb. 40ezer km).
 Hogyan mérték le D-t? 1 tevekaraván 1 nap alatt 5 sztadiont tesz meg. Lemérték, hány nap alatt ér Alexandriából Szüénébe? Nagyon szerencsájük volt, hogy ennyire pontos eredményt kaptak.

Parallaxis jelensége



A csillagszférán 2 közeli csillag más szögben látszik attól függően, hol jár a Föld.
 Ezzel az a gond, hogy nem tapasztaljuk. A görög fizikába pedig nem fér bele olyasmi, amit nem érzékelünk, nem tapasztalunk.

Hasonló volt a gond a Föld forgásával is.
 A Föld forgását először a Fukó-ingával bizonyították az 1850-es években.

Apollóniosz

(i.e. III. sz. 2. fele)

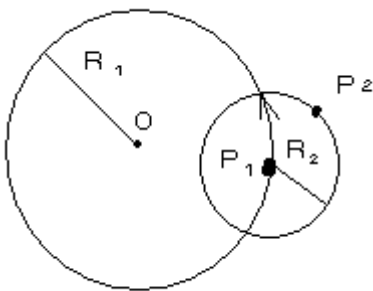
Az alexandriai iskola nagy görög matematikusa és csillagásza.

Fő műve: *A kúpszeletek (Konika)* matematikai mű (axiomatikusan felépített, tematikája hasonlít a koordináta-geometriára) [4.]

Bevezette az *excentrikus* és *epiciklus* mozgás fogalmát a bolygók mozgásának magyarázatára.

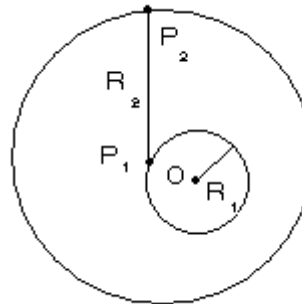
Epiciklus

- P1 O körül R1-re egyenletesen kering
- P2 P1 körül, R2 < R1



Excenter kör

- P1 O körül R1-re egyenletesen kering
- P2 P1 körül R2 > R1



Hipparkhoszi csillagászat

Hipparkhosz (i.e. II. sz.)

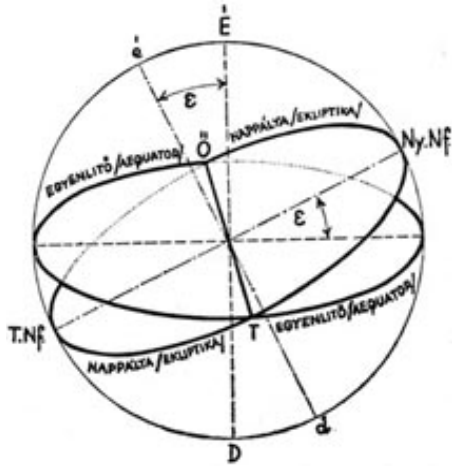
- Nikeában született, Alexandriában tanult, majd Rodosz szigetére települt, ahol csillagvizsgálót épített
- hivatkozik rá Ptolemaiosz; munkásságán alapult Ptolemaiosz világképe
- a görög tudományban ő ismerte fel a napéjegyenlőséget [6.]

Tisztán megfigyelések és az aritmetika segítségével:

- kiszámolta az **év hosszát**, 6 percet tévedett
- 1 másodperc hibával meghatározta a Hold Föld körüli keringésének, a **Hold-hónap hosszát**

Csillagkatalógust készített kb. 1000 csillagról [6.]

- görög betűkkel nevezte el őket (α , β , ...)
- pozíciójukat koordináta rendszerben határozta meg
- fényességüket 6-os skálán adta meg (nem állandó, periodikusan változik)



felfedezte a **precesszió** jelenségét:

- a Föld forgástengelye egy kúppalástot ír le (nagyon lassú folyamat)
- tavaszpont: 2 kör metszéspontja (lásd ábra)
- felfedezte, de megmagyarázni még nem tudta

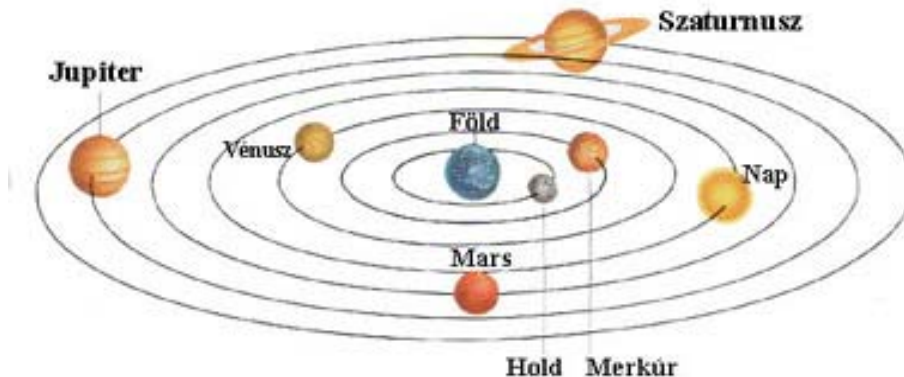
húrtáblázatot készített (-> sinustáblázat)

- egységnyi húrhoz egységnyi szög
- 60-as számrendszerben számoltak

Ptolemaiosz

(i.sz. II. század, 150 körül)

ismerte Arisztarkhosz heliocentrikus világmépletét, mégis a geocentrikus világmépletet fejlesztette tovább (lásd. az ábrán)

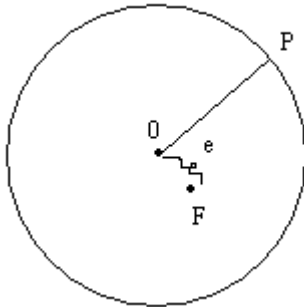


- *Geographika Hüphégészisz* – földrajztudományi összefoglalás
- *Tetrabüblasz* – asztrológiai alapműve (Babilonban sokat foglalkoztak vele)
- *Magiszté szüntaxisz* – fő műve; nagy csillagászati összefoglalás (görögül -> *Al magaszt* (arab), *Almagaszt* (latin))
 - nyelvi félreértések sora
 - 13 könyv (gyakorlati megközelítés, pl.: táblázatok)

Elméletét fizikai, kozmológiai elméletek nem támasztotta alá. Külön tárgyalta a mozgásokat.

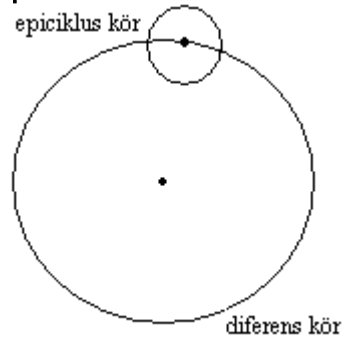
Matematikai technikák

1.) Excentrum, excenter kör



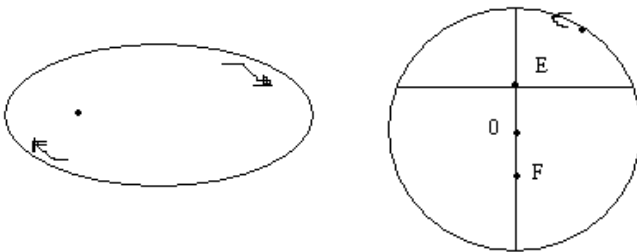
- F: kicsit kimozdítva a középpontból
- e: excentricitás (0,02: Vénusz, 0,1: Mars)
- excenter kör: F körül O kering

2.) Epiciklus



- fő funkció: bolygók hurkos mozgása
- mellékfunkció: helyettesíthető az excenter (epiciklus körön nem kering)

3.) Ekváns pont



E: körülötte tűnik egyenletesnek, vagyis nem egyenletes a körmozgás.

A középkori kozmosz rendje

Sötét, átmeneti korszak, nem nagyon volt tudományos tevékenység, inkább az államokat szilárdították. Az ókori tudomány pogány, nincs benne Isten, az egyház szerint tehát el kell vetni. Nem adtak helyette mást, egyszerűen rossznak, feleslegesnek tartották. Szerintük amit tudni kell a világról, az a Szentírásban benne van.

Szt. Ágoston

(IV. sz. vége, V. sz. eleje)

Meghatározó szerepe volt.

Elmélete: Isten mindennek a forrása, oka, ezért nem kell a dolgokat tovább firtatni. Az evéssel, ivással, nemi vágyakkal, racionális gondolkodással (filozófia) nem szabad túlzottan foglalkozni. Szentírással összehangolt keresztény kozmológia.

Lactantius

(IV. sz. eleje)

A filozófusok hamis bölcsessége ellen lázadt. Szerinte a gömb alakú Föld baromság (fejjel lefelé vannak "alul" a dolgok stb.) A mennybolt a lenti és a fenti vizet választja el (nem pedig kristályszféra, ahol nincs víz). Az égi vizek hozzák le a hőt a csillagokból.

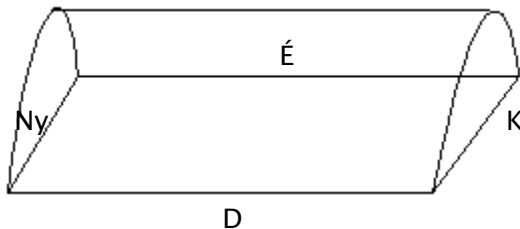
Az ég sátor alakú → nem lehet gömb a Föld, így a Földnek szükségképpen laposnak kell lennie, különben nem lehetne sátrat húzni rá.

Cosmas

(VI. sz.)

Topografika Cristiana

A Világegyetem lapos, téglalap alakú. Kelet–nyugat irányba mennek az égitestek, és miután elérték teljesen Nyugatra, az angyalok visszaviszik őket az egész alatt Keletre.



A világ téglalap alakú, a félhenger az ég.
A téglalap rövidebb élének hossza 1, a hosszabbé

Ezek az elképzelések nem lettek dogmák, elfogadták őket, de úgy vélték, felesleges ilyenekről beszélni.

Iszlám Birodalom

Hirtelen jött létre a semmiből, nincsen kulturális forrás, csak a Korán.

Görög kultúrával ismerkedtek, de csak egy szűk réteg, többieknek maradt a Korán.

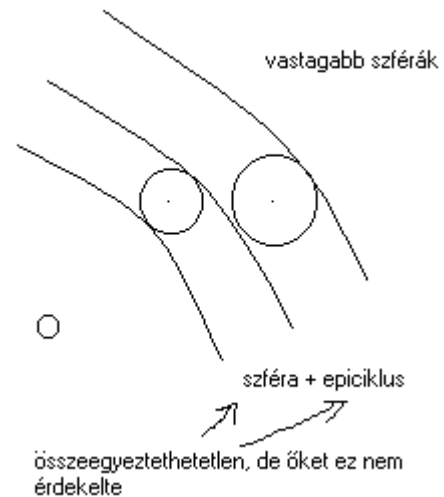
750, Bagdad: A Bölcsesség Házának keletkezése. A tudás felhalmozása a cél.

Nem foglalkoztak mindennel, de pl. csillagászattal igen.

Gyakorlatiasak voltak. pl.: naptárkészítés, tétképek, égtájak, asztrológia, szabadszemes érzékelést segítő műszerek.

Trigonometria alapelvei, szögfüggvények

Pontosították a görögöket + epiciklus



Európa

Elpusztult a görögök művek jelentős része, vagy nem volt hozzáférhető.

A X. században újra a tudomány felé fordulnak (Bizánc, Kelet stb.)

XII. században Arisztotelész, Ptolemaiosz, Eukleidész műveit arabról visszafordították, egyetemeket alapítottak. Az eredeti görög műveket görögről → szírre, majd → arabra, s végül → latinra fordították, ezért NAGYON pontatlanok.

A fordításokat kötelező volt összevetni a Bibliával. Gondok: Bibliában vannak ellentmondások, Isten okkal adott észt az embernek, amivel filozofálhat. Természetes következtetések nem biztosak, bizonyítandók, össze kell vetni a Bibliával.

Aquinói Szt. Tamás

(XIII. sz.)

Sok helyütt nem lehet komolyan venni a Szentírás szavait. Propaganda a tudatlanoknak, az okosak mögé látnak a szövegnek.

Arisztotelész műveihez igen sokszor nyúltak, az azonban sok helyen ellent mondott a Bibliának:

- Krisztus halála után tökéletessé vált, de a tökéletes Arisztotelész szerint nem mozog
- Kristályszférákon nem lehet átmenni, törhetetlenek
- Kristályszférákon túl nincs tér, ami befogadná Krisztus testét
- Arisztotelész szerint a világ öröktől van és öröktől lesz

A többi megmagyarázható a világ allegorikus értelmezésével. Fontos kérdés: meddig lehet belemagyarázni a Bibliába.

Világképe:

Föld + 9 szféra : Hold, Nap, 5 bolygó, állócsillagok, mozgás felügyelő (precesszió)

Földben is 9 szféra

"*lények lánc*": középen van a legtökéletlenebb (ördög), kifelé egyre tökéletesebb dolgok, mindennek megvan a helye ebben az univerzumban.

Instrumentalisták kontra realisták

Éles vita alakult ki közöttük; Az instrumentalisták "elképzelésekkel megmentik a jelenségeket", míg a realisták szerint az ötletek csak eszközök, de nem biztos, hogy úgy működik a világ.

XIV. századi fizikusok

Roger Bacon, Jan Buridan, Nicole d'Dresme

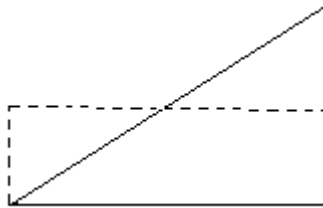
megengedték a matematika használatát a fizikában (ezt Arisztotelész nem engedte, mert a matematika tökéletes, míg a fizika nem, csak az ég)
megfigyelések fontosak (Arisztotelész a kísérletezést nem engedte meg, mert az mesterséges, csak szemléltetni lehetett segítségével)

formák elmélete: minőség – mennyiség kapcsolatának kérdése, pl. hit, bűnbánat mértéke

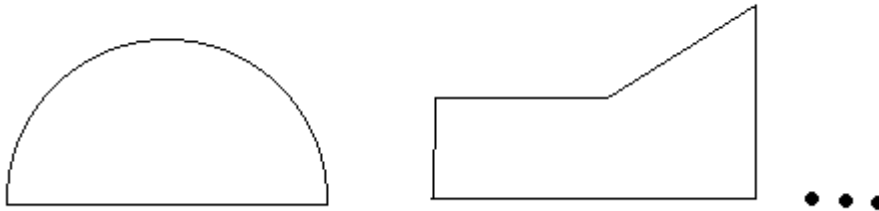
intenzió – minőséghez kapcsolt mennyiség

extenzió – térbeli, időbeli kiterjedés

egyenletesen egyenletes minőség: függőleges él az intenzió, vízszintes extenzió



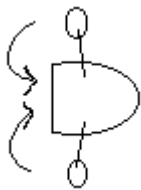
egyenetlenül egyenletes: (ebből megmondták az átlagsebesség kiszámításának módját)



impetus elmélet → közölt mozgáserő (impulzus ebből lesz)

hajítás problémájából indulnak ki (nem zuhannak le egyből a dolgok)

A "repülő" dolog ellöki az előtte levő levegőt, mögötte ezért jön a levegő → löki a repülő tárgyat



Ennek ellenérvei:

- a lapos végű (nem elejű!) dárdának messzebb kellene szállnia, mint a mindkét végén hegyesnek.
- csónakot is folyamatosan lökné a levegő
- malomkerék (tovább forog)

Föld mozgása → relativitás a tapasztalat ellen

Nem tudjuk bizonyítani, hogy a Föld áll, de a Bibliában áll.

A reneszánsz

A **reformáció** megújult teológiai alapjain új típusú, az új világgépen alapuló kozmológiai elképzelések születtek. A kultúra középpontja nyugatról keletre helyeződik (nyugaton a százéves háború dúl).

1452-ben a törökök elfoglalják Bizáncot, ezért a tudósok onnan Európába jönnek. Rengeteg könyvet hoznak magukkal (pl.: Ptolemaiosz eredeti műveit) – sok eredeti görög mű kerül így az európai könyvtárakba.

A **földrajzi felfedezések** következtében a régi szerzők tekintélye meginog; kiderül, hogy Ptolemaiosz milyen sokat tévedett földrajzi művében. Ennek következtében ráébrednek arra, hogy ezen régi elméletek megkérdőjelezhetőek.

1450-es évek körül fellendülő **könyvnyomtatásnak** köszönhetően a kultúra több réteghez eljuthat. A gazdag emberek is elkezdnek a tudománnyal foglalkozni. Fokozódik az érdeklődés a tudományok iránt, de át is alakul. Olyan sok minden foglalkoztatja az embereket, hogy a bolygómozgásokkal nem is foglalkoznak. Többek között azért fogadják el olyan lassan Kopernikusz elméletét, mert senkit nem érdekelt ez akkoriban.

John of Holywood (Jean de Sacrobosco)

(sacrobosco és holywood is szent erdőt jelent – akkoriban a neveket tükörfordították latinra)

1233-ban írt egy traktátust: „*Értekezés a világ köreiről (vagy szféráiról)*” – tulajdonképpen ez az egyetlen középkori csillagászati mű

Ez tulajdonképpen egy arab mű fordítása – mindenki más csak ehhez készített jegyzeteket.

A 15. században megélnéült a „reneszánsz” csillagászat iránti érdeklődés.

A 16. században az egyház új naptárat szeretne.

Johannes Gmundes (Degmundes)

(15. század eleje)

német csillagász; megfigyelésekkel, csillagászati műszerekkel foglalkozik

Megpróbálta megkeresni a ptolemaioszi csillagászati elméletek ellentmondásait – nem nagyon sikerült neki.

Georg Peurbach

(1423–1461)

szintén német; ő is megfigyelésekkel, csillagászati műszerekkel foglalkozik

Ő volt az első ebben az időben, aki csillagászati táblázatot készített: **Fogyatkozás-táblázat**

„*A bolygók új elmélete*” című könyvében a régi elméleteket próbálta korigálni, s ezzel a ptolemaioszi elméletet kívánta népszerűsíteni. Halála előtt előkerült egy eredeti ptolemaioszi kézirat – azzal össze akarta vetni saját művét, azonban halála miatt erre már nem kerülhetett sor. A könyv latinul 56 kiadást ért meg.

Johannes (Müller) Regiomontanus

(1436–1476)

Német csillagász (Königsbergből származik, s az latinul Regiomontanus), Peurbach tanítványa.

11 évesen kezdte a Lipcsei egyetemet, 22 évesen már professzor volt.

Algebrista volt – egy többszázéves vita folyt az *algebristák*, azaz az arab számok pártolói és az *abacisták* között, akik pedig a latin római számokat részesítették előnyben (arab számokkal papíron lehet jól számolni, a római számokkal abakuszon).

Ő volt az első, aki 10-es számrendszerű **húrtáblázatot** készített (görögök 60-as számrendszer). Táblázata 7 jegyre pontos volt.

Megpróbálta megszüntetni a görög csillagászat geometriai vonatkozását – azok pusztán algebrai számításra való lecserélésével.

Meghívták Mátyás udvarába is. Királyhegyi János néven írt Magyarországon egy sztológiai könyvecskét.

Lefordította Ptolemaiosz *Almagasztyját*. Jegyzeteket készített hozzá – megpróbálta kiküszöbölni az ellentmondásokat.

Rómába hívták, hogy vegyen részt a „naptár projectben”.

Nagyon közel járt a napközéppontú világmásképhez – ha nem hal meg olyan korán, ő lehetett volna Kopernikusz.

Újra felelevenítik a csillagászati számításokat, megfigyeléseket.

Girolamo Fracastoro és G. Amici

Két olasz csillagász, akik visszatértek Ptolemaiosz szféraelméletéhez – 79 szférát feltételeztek.

A reneszánsz emberét ismét elkezdte érdekelni az **ókori mágia**, és az **asztrológia**. Általános volt az egyházi ellenállás, főleg az erős asztrológiával szemben: az „*erős asztrológia*” szerint a csillagok egész életünket befolyásolják, míg a „*jó asztrológia*” szerint a csillagok állása csak születésünk pillanatában releváns. Az erős asztrológiában tehát megszűnik a szabad akarat – ellentmond a vallással. (*Regiomontanusz* és *Kepler* is foglalkozott jó asztrológiával – horoszkópokat készítettek; Bacon, Descartes, Newton írásainak 90%-a alkímia).

A klasszikus tudománytörténet szerint a kor általánosan érdeklődött az okkult tudományok iránt, s ennek sok tudós is „bedőlt”. Ez pedig azt feltételezi, hogy az okkult és a modern tudományok teljesen ellentétes nézeteken alapulnak. A **Fr. Yates** egy tézisben fogalmazta meg, hogy az okkult tudományok nem a modern tudományokkal ellentétesek, hanem azok megelőzői. Szerinte a modern tudomány elődje a reneszánsz mágikus tradíció. Ezek azonban csak tézisek maradtak, melyekben megpróbálták kapcsolódási pontokat találni.

Kapcsolat az okkult és modern tudományok között:

1.) kísérletezés

Sok tudós a kísérletezést elvetette, mondván a természet megfigyelése mesterséges körülmények között nem az igazi. A mágikus kísérletekben is benne van a manipuláció (manipulálják a természetet – Robert Fludd angyalmágiája).

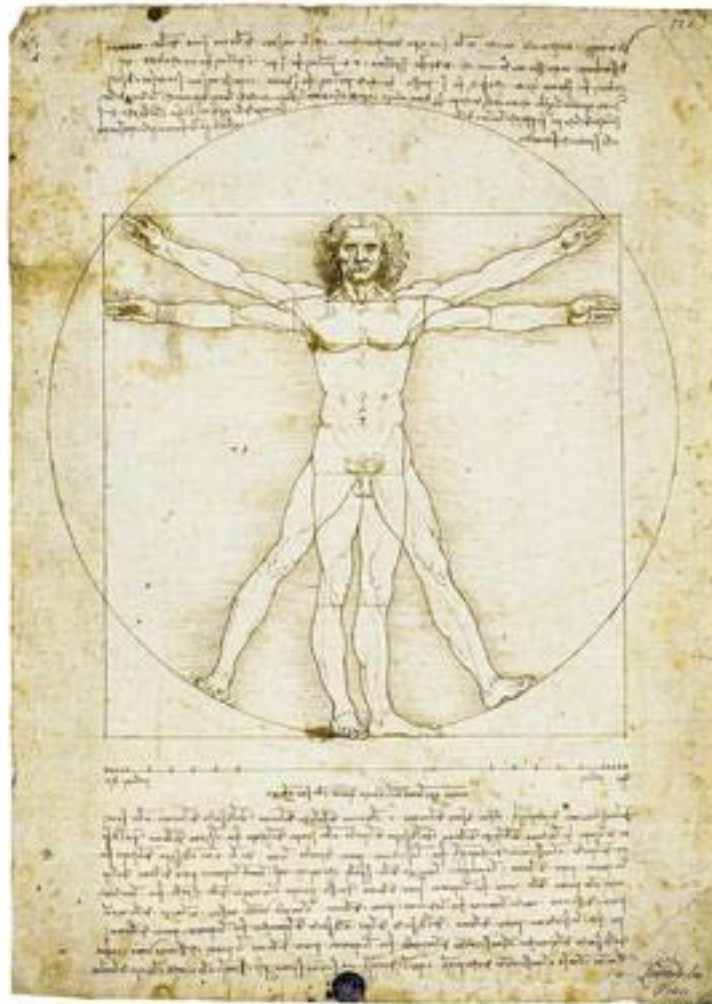
2.) tudóstársaságok

Az első tudóstársaságok a misztikus társaságok (pl.: Rózsakeresztesek) mintájára jöttek létre.

3.) matematika

Arisztotelész szerint csak a matematikához hasonlóan tökéletes eget lehet vele leírni. Platón és Püthagorasz szerint azonban az egész világban tökéletes matematikai rend uralkodik. A matematikával meg lehet magyarázni az ember harmóniáját.

Hogyan ábrázolható az ember matematikával? – a Vitruviusi ember



Dürer szerint úgy tudunk szörnyet létrehozni, ha a végtagokat nem arányosan helyezem el (pl. Bosch szörnyei). Dürer szerint a **szimmetria** nagyon fontos (szimmetria szó eredeti jelentése „együtmérhetőség”).

4.) A Nap szerepe – a Nap, mint szimbólum

a reneszánsz gondolkodásban a Nap tökéletes (alakja, fénye) -> lassan átveszi Isten szerepét

Nicolaus Cusanus

(1404–1464)

„A tudás tudatlanság”

- azt állította, hogy a világegyetem „határtalan” (végtelen csak Isten attribútuma lehet).
- szerinte a Föld nem középpont, mert a Föld mozog (tudományos magyarázatai nincsenek)

A kopernikuszi fordulat

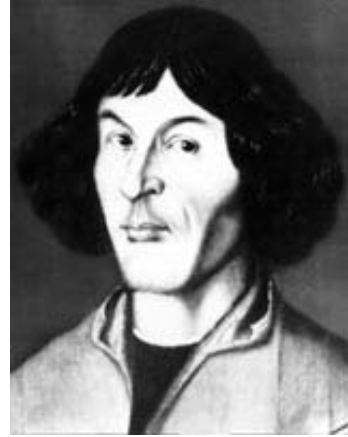
Nikolausz Kopernikusz

(1473. február 19. – 1543. május 24.)

Lengyelországban született, Torunban. Apja kereskedő volt, anyja egyházkarrierista.

Egyetemi tanulmányai:

- 1491–1495 Krakkó
- 1496–1500 Bologna (Novara)
- egyházi tanulmányok Rómában
- 1501–1503 Padova [7.]



Krakkóban nagyon jó matematikai, csillagászati és asztrológiai oktatás folyt (sőt, ez volt az egyetlen egyetem akkoriban, ahol asztrológiát lehetett tanulni).

Orvosi végzettségét később a szegények gyógyításában használta. 30 éves koráig tanult. [7.] Padovában tanult meg görögül, s itt kezdett el művészetekkel foglalkozni (fordított is görögről latinra, maga is írt verseket – de ezek elég siralmasak voltak.)

1497-ben a lengyelországi Frauenburgban a székesegyház kanonokjává választották, ez a tisztség élete végéig anyagi biztonságot nyújtott számára.

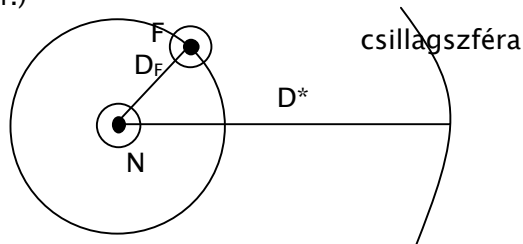
Elméletének leggyengébb része a Holdra vonatkozó elképzelések.

1507-ben írta meg *Commentariolus* (*Kis kommentár*) című művét, mely soha nem jelent meg nyomtatásban. 12 oldalban fejtette ki csillagászati nézeteit, állást foglalva a heliocentrikus világmép mellett.

A *Commentariolus*-ban leírt gondolatok:

- 1.) érdekes elv: *az égitesteknek és égi szféráknak nincs közös pontjuk* (tulajdonképpen itt rögtön leszögezi a ptolemaioszi világméppel való szembenállását)
- 2.) *A Föld középpontja*:
 - nem középpontja a kozmosznak
 - a Hold mozgásának középpontja
 - a nehézkedésnek középpontja (megkérdőjelezi az egész arisztotelészi fizikát)
- 3.) *Nem a Nap van a világegyetem középpontjában*, hanem annak közelében, de minden mozgás a Nap körül van. (Talán azt érthette ez alatt, hogy a kozmosz középpontja \neq a Nap középpontjával.)

4.)



$$\frac{D_F}{D^*} < \frac{r_F}{D_F}$$

(arányárookban adta meg, mert a görögöknél ez volt a szokás)

Ezzel azt mondta ki, hogy *a csillagok nagyon messze vannak* – magyarázatot ad arra, miért nem észleljük a parallaxis jelenségét.

- 5.) A csillagszféra mozdulatlan \Rightarrow a Föld forog a saját tengelye körül. Minden más látszólagos mozgás a Föld mozgásának köszönhető.
- 6.) Ha a Nap nem (vagy alig) mozog \Rightarrow a Föld (a többi bolygóval együtt) kering a Nap körül
- 7.) A bolygók látszólagos mozgása a Föld mozgásával magyarázható.

Egész életében kb. 100 csillagászati mérést végzett – jelkép értékű, ráadásul elég pontatlan műszerekkel.

A naptárreform kapcsán Kopernikust is megkérdezték – ez érdekes, hisz a 12 oldalon kívül mást nem készített. Azt mondta, nem áll rendelkezésére megfelelő számú pontos adat – tulajdonképpen nem akart részt venni benne.

1515-től kezdte írni főművét. A kezdetektől félt attól, mit fognak szólni nézeteihez.

1530 – befejezte művét, először nem akarta publikálni. Rómában tudták, hogy egy napközponturn világgép ismertetésén dolgozik, s megpróbálták rábeszélni műve kiadására.

1539 – **Rheticus**: ő is megpróbálta rábeszélni a megjelentetésre + látni akarta a művet. Pár hónap alatt megérti, s 1540-ben ír belőle egy kis művet, melyben népszerű, és közérthető módon foglalja össze Kopernikusz nézeteit: *Narratio Prima*. Rheticus segített Kopernikusznak: vitt neki eredeti, görög Ptolemaioszt.

1543-ban adják ki Kopernikusz művét: *Az égböörök forgásáról*. A halálos ágyán kapja kézbe a kiadott művet.

Azonban még életében kapott elég sok negatív kritikát, többek között Luthertől. Talán ezért támogatta teljes erővel a katolikus egyház.

Az égböörök forgásáról (De revolutionibus orbium coelestium)

Nagyon nehéz, tudományos értekezés (kellett Rheticus előzetese, különben még kevesebben értették volna meg).

Ódon, geometriai szemlélet és jelölésmód jellemzi, nem használta ki az akkori modern matematikát, algebrát.

Ragaszkodik:

- az égi szférákhoz, melyek nála is kristályszférák
- az égitestek szabályos körmozgásához.

Tulajdonképpen egyetlen új gondolatot tartalmaz: helyet cserél benne a Föld és a Nap. Ennek mégis messzemenő következményei lesznek.

Mik lehetnek Kopernikusz motivációi?

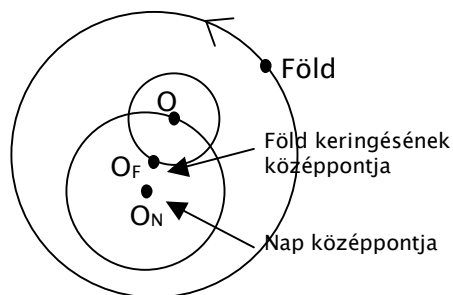
Mi vitte arra, hogy az addig jól működő, általánosan elfogadott világgépet megváltoztassa?

Azt gondolnánk, hogy sok megfigyelésére nem talált magyarázatot. Azonban tudjuk, hogy nem végzett jelentős kísérleteket, azt a keveset is pontatlan eszközzel, ráadásul a ptolemaioszi táblázatokot használva.

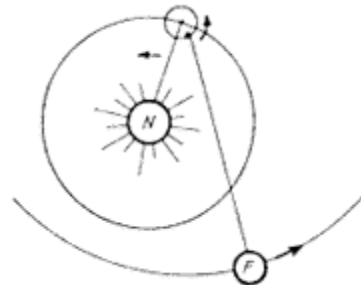
Kopernikusz legfőbb baja a ptolemaioszi elmélettel az volt, hogy ha valamilyen észlelés nem felelt meg neki, akkor a világgépet toldozgatták–foldozgatták, kicsit kiegészítették.

Epiciklusokat, excentereket megengedett, ekváns pontokat nem.

48 epiciklus

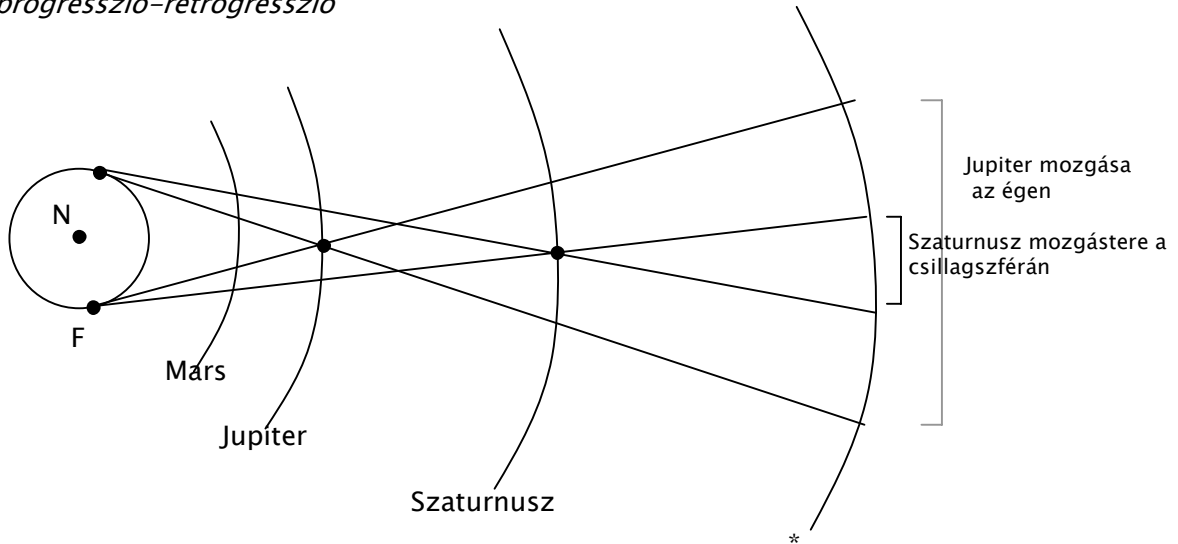


[9.]



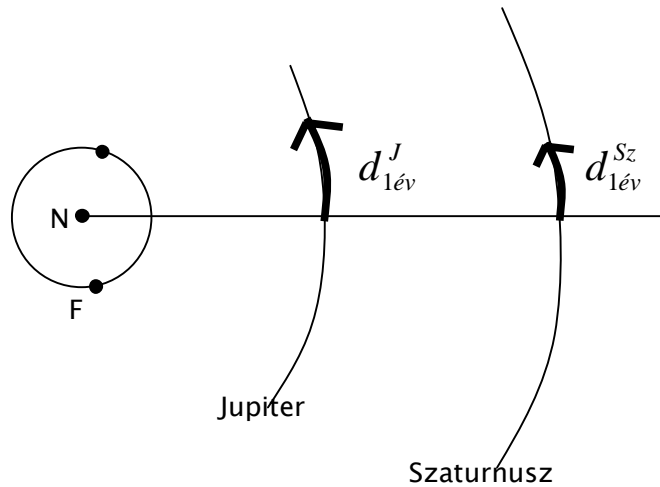
Nem sokkal egyszerűbb, mint a ptolemaioszi elmélet. Kopernikusz rendszerének legfőbb erénye: a *magyarázó ereje*.

Pl.1. *progresszió-retrogresszió*



Így már érthető, miért nagyobb a Jupiter progressziója és retrogressziója a Szaturnuszhoz képest, ám kisebb a Marsénál.

Pl.2. *oszcillációk*



Hamarabb következnek be az oszcillációk a Szaturnusznál, mint a Jupiternél (hamarabb utoléri.)

Pl.3. A Föld sugarából és a Jupiter visszafordulásából számolható a többi bolygó mérete.

Kopernikusz könyvének előszóját nem Kopernikusz írta! (Azt mondák, attól halt meg olyan hirtelen, mikor kézhez kapta művét, mert elolvasta az idegen előszót.) Csak 50 évvel később jött rá Kepler, hogy az előszót nem Kopernikusz, hanem Osiander írta – hamisítás. Osiandert az egyház bízta meg, hogy fogalmazza meg az ő álláspontjukat, miszerint Kopernikusz elmélete nem több pusztán matematikai hipotézisnél.

A kopernikuszi hipotézis XVI. századi fogadtatása

Mivel könyvének megjelenése után meghalt, nem lehetett rajta számon kérni, nem lehetett megkérdezni → Kopernikusz megítélése vegyes volt. Mindenki elismerte, hogy remek csillagász volt. Azonban ettől még nem voltak biztosak abban, hogy csillagászati hipotézise igaz.

A csillagászok egy szűk körében Kopernikusz komoly szaktekintélynek számított, művét fontosnak tekintették függetlenül attól, igaz-e, amit abban írt. A művet kevesen olvasták, mert nagyon nehéz olvasmány, inkább a Narratio Prima volt népszerű.

A kopernikuszi fordulat a maga küzdelmét világnézeti, és nem csillagászati szempontból vívta meg.

A keresztény egyház először támogatta – XVI. században megengedőbb volt a tudománnyal szemben. Bruno per + Galilei miatt az elmélet ellen fordultak. XVII. század elejére hirtelen nagyon ellene fordultak. Később néha rövidebb időkre megint megengedőbbek lettek.

Lutheránusok mindig is ellene voltak, néha – ha ezzel a keresztény egyház orra alá borsot törhettek – egyes vitákban a kopernikuszi elmélet mellé álltak.

Csillagászok köréből egy tipikus álláspont:

Erasmus Reinhold

(1511 – 1553)

Csillagászati táblázatokat készített olyanok számára, akik csak számolni akarnak (nem cáfolni) – **Porosz táblázat** (1551)

Azonban az elmélet megszületése után készült a táblázat; ha ez jól jósolja meg a csillagászati jelenségeket, azzal alátámasztja az elmélet helyességét.

Reinhold-féle táblázat 3 nap pontos! (Ptolemaiosz táblázatai 1 hónapot tévedtek) Ez már tízszer pontosabb. Reinhold azonban sehol sem mondja, hogy a táblázatokat egy napközéppontú elmélet alapján készítette. Aki használta, nem feltétlenül tudta, hogy ez heliocentrikus táblázat. A 70-es évektől jelennek meg az első olyan emberek, akik felvállalják, hogy Kopernikusz elméletét igaznak tartják.

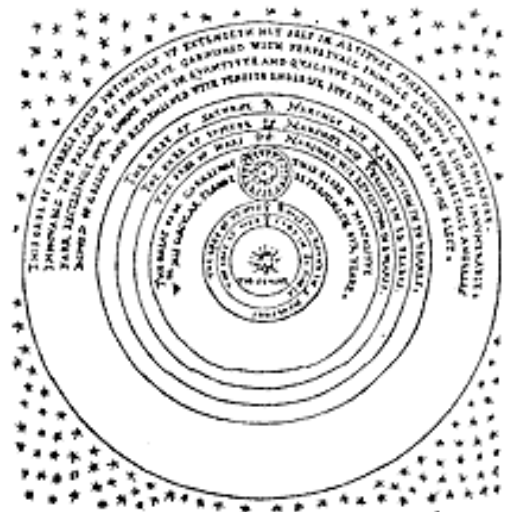
Thomas Digges

(+1595)

Csillagász. 1576: *Az égi pályák tökéletes leírása* (ismeretterjesztő munka, mely Kopernikusz elmélete mellett foglal állást). A csillagok nem egy szférán helyezkednek el, hanem egy „végtelen szférán” vannak.

Az ősi elméletben mihez kellett egy ilyen csillagszféra?

- relatíve mozdulatlanok egymáshoz képest a csillagok; vizuális funkció
→ ha a csillagok mozgása látszólagos, a Föld mozgásából adódik
- Arisztotelész: a mozdulatlan mozgató → minden mozgások ebből adódtak
→ ha az állócsillagokat megállítjuk, nem kell csillagszféra
- le kell zárni a teret (Arisztotelész), kell egy határ állócsillagszféra: a tér határa – hezitál rajta. Berajzolja a csillagszférát, de azt írja róla, hogy végtelen.



Edward Wright

(1558–1615)

1600: *Előszó* (W. Gilbert: De magnete (~ a mágnesességről) című művéhez)

Szisztematikusan ismerteti a Föld mozgását (ősi érveket sorakoztat fel a kopernikuszi földmozgás mellett)

John Donne

(1572–1631); verseiben szintén megjelennek kopernikuszi gondolatok

Du Bartas (1544–1590), Jean Boden (1530–1596) és Luther

Kopernikusz ellen; szerintük a Bibliát szó szerint kell érteni. Luther az Asztali beszédekben bolondnak nevezi. „Jogosan parázott élete végéig.”

Kálvin is a kopernikuszi hipotézis ellen van.

XVII. században a luteránusok már nem ellenzik annyira, mint a katolikusok.

Giordano Bruno

(1548–1600)

Olasz reneszánsz humanista filozófus (nem tudós). Enyhén őrült figura volt, radikális nézeteket vallott.

Nagy hatással volt Brunora **Nicolaus Cusanus** (sokat hivatkozik rá), aki szerint a világegyetem végtelen, megismerhetetlen, és minden mozog...

A végtelentről, a világegyetemről és a világokról (1584)

- párbeszédformájú (mint Platón és Galilei írásai)
- megkülönbözteti egymástól a világot és a világegyetemet
 - Világ: csillag + a körülötte keringő csillagok (a Nap egy csillag)
 - Világegyetem: nem tudjuk, hány világból áll.
- elsősorban teológiai megfontolásokból ír

Akkoriban semmi meggyőző érv a világ végtelensége mellett. Csak Isten végtelen, miért ne csinálna végtelen világot? (Mai tudományos érv: *színképelemzés*; csillag fénye elé prizma.

Sötétebb és világosabb sávok attól függően, milyen vegyi anyagokból épül fel.)

Bruno-t a tudomány hősi halottjaként tartották számon. Galileire nagy hatással volt (pl. ezért nem merte évtizedekig felvállalni, hogy kopernikánus).

Tycho Brache

(1546–1601)

Korának leghíresebb csillagásza. Dán származású, először jogásznak tanult, de abbahagyta tanulmányait, kicsapongó életet élt.

Fiatal korában elvesztette orrát egy barátjával kötött fogadáson: ki a jobb matematikus.

Utána: arany–ezüst ötvözetből az eredetinel nagyobb orrot csináltatott, és ezt egész életében nagyon büszkén hordta.

14 éves korában megfigyelhetett egy teljes napfogyatkozást, ekkor döntött úgy, hogy csillagász lesz (ki akarta számolni, mikor lesz a következő napfogyatkozás). Később megfigyelhetett egy Mars–Jupiter együttállást.

Kitűzött maga elé egy tervet: Sok megfigyelés/észlelés után egy új csillagászati elméletet/modellt fog felállítani.

1572-ben megfigyelt egy *szupernovát* a *Cassiopeia* csillagképben.

Novák/ szupernovák: új csillagok az égen (a régi elméletbe nem fért bele keletkezés és pusztulás) -> sok Kínában jegyzett szupernovát Európában nem jegyezték fel.

Pl. a II. századi szupernova: ebből lett a Rák-köd. Arabok látták, Kínában fel is jegyezték, Európában azonban meg sem említik.

Paradigma-vakság: nem hajlandóak észrevenni olyan dolgokat, amik nem férnek bele az aktuális tudományos nézetbe.

Pl.: egy gyermeket csak a férfi magja határoz meg. Elveti azt az anyába, és az kihordja.

Leonardo írt először félvérekről: nő fekete, férfi fehér

1573 *De nova stella*

1577: Üstökös. Elég feltűnő jelenség lehetett a korabeli képek alapján. Légköri jelenségnek tartották. Brahe a Föld különböző pontjaira küldött embereket, lemérték milyen messze látják. Brahe mérései szerint legalább hatszor olyan messze van, mint a Hold.

Lemérte, ahogy közeledett és távolodott, így azonban át kellene törnie ezeket a törhetetlen csillagszférákat. Ő az első, aki teljesen elveti a csillagszférákat.

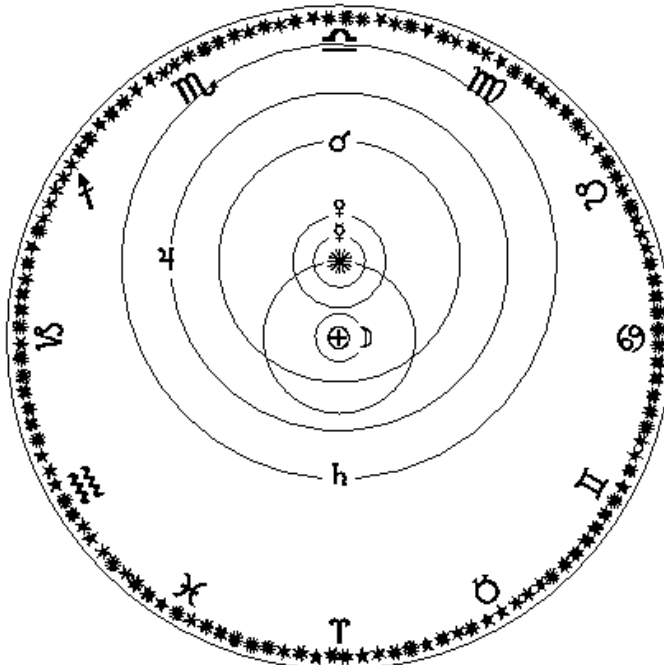
Létrehozott az **Uraniborg** nevű szigeten (Dánia partjainál) egy **csillagvizsgálót**.

Jó üzletember volt, és akkoriban már elég híres is. Létrehozta az akkori világ legnagyobb obszervatóriumát. Ez az utolsó olyan csillagvizsgáló, amelyben nincs távcső.

1' (1 szögperc) pontosságú méréseket végeztek itt. Szabadszemes méréseknél ez nagyon jónak számít.

Volt saját „papírgyárak”, nyomda, saját börtön, gyógyszerár laboratóriummal. Az egész sziget a csillagvizsgáló volt a hozzá tartozó épületekkel. Csak olyanok dolgozhattak itt, akiknek jó volt az időérzékük. Módszeresen összegyűjtötték a méréseket. Ebből próbált meg kidolgozni egy csillagászati hipotézist, illetve igazolni akarta korábbi feltevéseit.

Világképe



Ő a kopernikuszi elméletben nem tudta elfogadni, hogy a Föld mozog (paralaxis jelenség hiánya miatt).

Maga mellé fogadott egy segédet, hogy segítsen neki bebizonyítani elméleteit. Johannes Kepler azonban kopernikánus volt.

Egy császári küldöttség volt nála vacsorán. Pisilnie kellett, de nem illett kimenni a császári küldöttség jelenlétében. Tovább ivott, és meghasadt a húgyhólyagja.

Kepler erről azt gondolta, hogy az illendőség határait néha át kellene hágni.

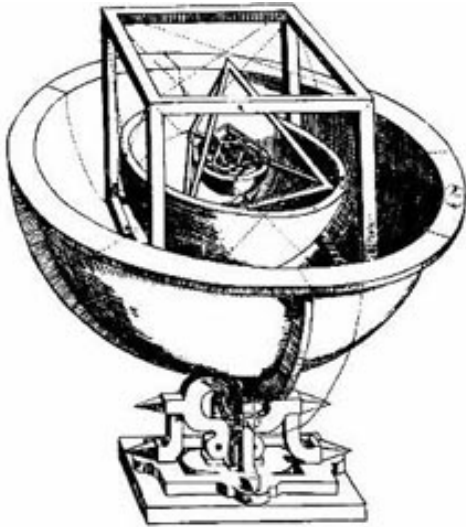
Johannes Kepler

(1571. december 27., Württemberg [Németország] – 1630. november 15. Regensburg)
Szegény családban született, így is halt meg. Később sokat írt gyermekkoráról. Magáról azt írta, hogy jellemében és kinézetében is „kutyaszerű” volt.

A Tübingeni (tübingi) Egyetemen tanult M. Mästlin csillagásznál, aki a kopernikuszi elmélet híve volt. Később Grazban kapott állást, főleg asztrológiával foglalkozott, életében sokszor ez volt az egyetlen megélhetési forrása.

1596 *Mysterium cosmographicum*

Leszögezi benne, a világot milyen pithegoreus eszmény alapján kell szemlélni. Ha megalkotjuk a matematikai modellt, az magyarázó erő. Szerinte a Kopernikuszi rendszer fő előnye: minden mozgást a Föld mozgásaira vezet vissza. Kepler Kopernikusz elméletét akarta továbbfejleszteni.



Fő kérdései:

- miért 6 bolygó van (utána a távcső feltalálása után felfedezték a többi bolygót is)
- ezek miért olyan távolságra vannak egymástól és miért ilyen sorrendben következnek
- a külső bolygók miért mozognak lassabban mint a Naphoz közelebb állók

Kepler hitt a szférában – a bolygók gömbszférán mozognak. Világképében az anyagi sík és az isteni gömb metszete szabja meg a bolygók pályáját, a kört, középpontban a sugárzó Nappal. A körpályákhoz egy-egy gömbfelületet tartozik, a gömbök sugarait pedig a beléjük és köréjük írható tökéletes platonai testek: a *kocka, tetraéder, dodekaéder, oktaéder* és *ikozaéder* határozzák meg (szigorú geometriai rend). [10.]

Ha ez a világkép jó, az első 2 kérdésre válaszol. Világképének helyességét azonban nem sikerült bizonyítani. Elküldte Galileinek is.

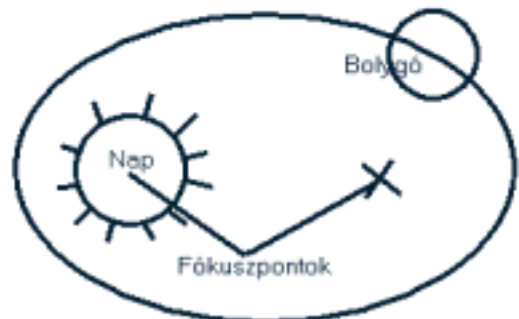
Tycho Brahe úgy gondolta, nincs igaza, de segédként maga mellé vette. Keplernek Brahe csillagvizsgálójában végzett számításaival mestere elméletét kellett volna alátámasztani, ő azonban a saját elméletét akarta igazolni. Brahe ezért korlátozni próbálta, nem engedte Keplert mindenhez hozzáférni. Brahe halála után azonban Kepler tulajdonába került az addigi teljes észlelésanyag.

1609 *Astronomia nova*

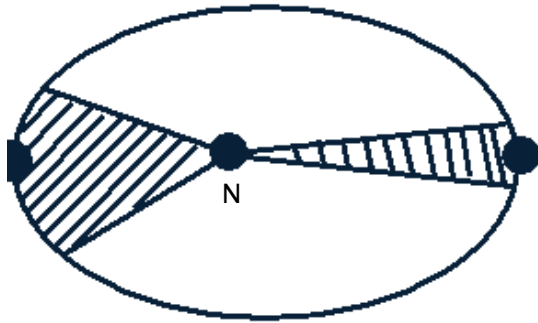
Ismerteti a bolygómozgások első 2 törvényét. A Mars mozgását tudták azelőtt a legkevésbé leírni, ő ezzel próbálkozott. 8 percnél soha nem tudta közelebb hozni a mérésekhez számításait. A 8 szögperc kiküszöbölésén évekig dolgozott.

Kepler 1. törvénye

A bolygók olyan ellipszisen keringenek, melynek az egyik fókuszpontjában a Nap áll. (Óriási a jelentősége – görögök óta szabályos körmozgások) Eleinte maga sem akarta elhinni, sokat számolt utána.



(Az *Optica (1604)* című művében Kepler nagyon magas szinten ismerteti az optikát – kúpszeletek optikája)



Kepler 2. törvénye

A bolygó és a Nap közti vezérsugár egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűrol, vagyis a területi sebesség állandó. (Minden bolygó gyorsabban mozog, ha közelebb jár a Naphoz.) [11.]

Ezeket nem tudta magyarázni. 50 év múlva Newton gravitációs törvényeiből + 3 természetaxiómából ezek könnyen levezethetők. Newtont Kepler törvényei fogják megerősíteni és viszont: Newton igazolja a Kepler törvényeket.

1611 *Dioptrice*: művében a kis szögekre érvényes töréstörvény, a Galilei-távcső elmélete és a Kepler-távcső ismertetése szerepel (az első csillagászati célokra jól használható távcső elvét ő dolgozta ki). [12.]

1613 körül: *A kopernikuszi csillagászat foglalata*

1615 *Stereometria doliorum*

„boroshordók mérése” v. ”boroshordók térfogata”, forgástestek térfogatának kiszámítását írja le.

(Az integrálszámítás (100 év múlva) olyan folyamat végén jelenik meg, aminek első állomása Kepler volt)

1619 *Harmonices mundi (A világ harmóniája)*

Kepler 3. törvénye

A különböző bolygók keringési periódusának négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint a közepes naptávolságuk (pályaellipszisük nagytengelye felének) köbei.

$$\frac{T_A^2}{T_B^2} = \frac{R_A^3}{R_B^3}$$

Rengeteg ilyen törvényt leírt még művében (bár törvények csak Newton után vannak a fizikában).

Kepler ezt a törvényt nem szerette, hiszen nem magyarázott semmit. Ezt Newton törvényeivel szintén igazolni lehet.

Kepler lekottázta a szférák zenéjét. Ezt sajnos ma már nem tudjuk értelmezni, mert abban az időben nem a ma általános módon kottáztak. Szerinte a csillagászatban a legszebb harmónia a szférák súrlódása, ezeket lekottázva kapjuk a legharmonikusabb zenét. (Mi ezt azért nem érzékeljük, mert születésünktől fogva halljuk, és már hozzászokott a fülünk).

30 éves háború miatt (is) nyomorban halt meg.

1627 *Rudolfi táblák*

3 évvel halála előtt. Rudolf uralkodónak ajánlotta csillagászati táblázatok. Azt gondolta, a mágnesesség befolyásolja a bolygók egymáshoz képesti mozgását. Ő az első, aki távolhatásokat feltételez a bolygók mozgásában. Amellett kardoskodott, hogy a bolygók mozgását le lehet írni fizikával.

30 éves háború miatt (is) nyomorban halt meg.

Galileo Galilei

1564. február 15-én született Pisában, Giulia Ammannati és Vincenzo Galilei firenzei muzsikusként. [13., 14.] Az apa kereskedőnek szánta fiát, de felismerve sokoldalú tehetségét, orvosi pályára küldte. Galilei tanulmányai során felismerte az arisztotelészi fizika hiányosságait, s ezért a matematikát is tanulmányozni kezdte orvosi és filozófiai tanulmányai mellett. [14.] Tanulmányozta az impulzusokat is. Igen fiatal korától kezdve meg volt győződve a kopernikuszi elmélet igazáról (ezt meg is írta Keplernek). De csak sok év elteltével nyilatkozott mellette.

Keplerrel 2 nagy vitája volt:

- ellipszispályák miatt
- ár-apály jelenség – Kepler szerint a Hold okozza; Galilei szerint azonban az asztrológia csak babona. Szerinte a vizet nyomja ki a saját tehetetlensége, mert a Föld megy a saját körpályáján.

1608-ban megjelent az első távcső Európában. „Egyszer csak” Hollandiában a piacokon kezdték árulni őket. 1609-től távcsöves észleléseket – igen jók az akkori távcsövek primitívségéhez képest. „Galilei ujja az égre mutat” Ki van állítva az ujja a firenzei múzeumban.



Galilei fontosabb megfigyelései:

1.) Holdon domborzati viszonyok

Az ő elnevezése él azóta is: tengerek és földrészek a Holdon.

Kiszámította: a Hold legmagasabb hegye 4 itáliai mérföld (8 km) magas, de azt mondta, ez 2x olyan magas mint a föld legmagasabb hegye (még az Alpokban is van magasabb). A Holdat jobban ismerte mint a Földet

2.) **Csillagok:** nem nő az átmérőjük, azaz nagyon **messze vannak** és nagyon **sok van belőlük**.

3.) Galilei már látta, hogy a **tejút** sok csillagból áll (régén a tejutat légköri jelenségnek vagy ködnek tartották).

4.) **Galilei-holdak:** Jupiter 4 legnagyobb holdja – ez nagyon meglepő volt akkoriban.

1610 *Siderius nancius*

nagyon tudományos és hihetetlenül fontos, főként a Jupiter 4 Holdjával foglalkozik benne.

Új égitestet évszázadok óta nem fedeztek fel.

Volt akkoriban egy érv a kopernikuszi elmélettel szemben: régén minden mozgás

középpontja a Föld volt, Kopernikusz azonban áttette a középpontot a Napra. A Hold

középpontja azonban a Föld. (Ebben az évben tiltja be az egyház a Kopernikuszi elméletet)

5.) **Vénusz fázisai:** fázistól függően más a Vénusz mérete. Minél kisebb fázist látunk annál közelebb van. (Ezt a kínai csillagászok már régebben megfigyelték, és Európában is híre volt már)

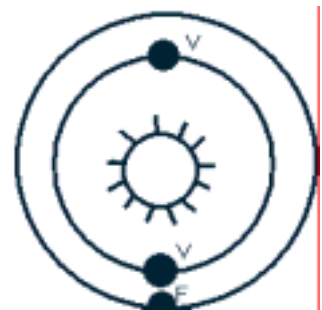
6.) A napfoltok felfedezése

1613 *Levelek a napfoltokról*

Ebben már érvel a kopernikuszi elmélet mellett. Ismerteti

továbbá, hogy a Szaturnusznak is vannak holdjai, és leírja a

Vénusz fázisait.



Napfoltok megfigyelése: füstölt üveget tesz a távcső elé, és lerajzolja a foltjait. (Tudtak már róla Kínában hogy a Napban vannak foltok, az Európai csillagászok azonban nem vettek róla tudomást).

Miért baj, hogy vannak napfoltok?

A Nap forog. A korábbi elképzelések szerint a Nap tökéletes égitest, azaz semmilyen makula nem lehet. Ókori teológia szerint a Napon nem lehet keletkezés és pusztulás.

A Nagyközönség reakciója: rengeteg amatőr csillagász lett Európában. Sok hasznos megfigyelés köszönhető nekik. Kopernikusz elméletei középpontba kerültek.

Galilei távcsöves bemutatókat szervezett a város melletti dombra. Nem voltak túl sikeresek, az emberek nem azt látták, amit ő. Ha pl. megmutatott nekik egy napfoltot, az emberek azt mondták, hogy a) a foltok a távcsövön vannak, b) nem látok foltokat, c) azok légköri jelenségek, törmelékek a világegyetemben.

1616-ban perbe fogták Galileit és betiltották Kopernikusz műveit. Katolikus egyház álláspontja az volt, hogy egy csillagász nem mondhatja meg, milyen a világ, ezek csak hipotézisek. Vissza kellett vonnia tanait – látszólag vissza is vonta. Az új pápát megkérdezte, írhat-e a Kopernikuszi elméletről. Azt mondta neki, írhat, de csak ha beleírja, hogy az csak egy hipotézis.

1632 *Párbeszéd a két legnagyobb világrendszerről*

3 ember beszélget. *Salviati*, egy kopernikánus, *Simplicio*, aki Arisztotelész és Ptolemaiosz elméleteit tartja igaznak, és *Sagredo*, aki pártatlan (*Salviati* és *Sagredo* Galilei tanítványai voltak). *Salviati* a földbe döngölte *Simpliciot*, és *Sagredo* is neki ad igazat.

Megint perbe fogták, házi őrizetbe került. A szent inkvizíció elé került, ahol 3 fokozat volt:

1. verbális fenyegetés
2. vizuális fenyegetés
3. megkínózták

Kepler anyját boszorkánysággal vádolták, ő eljutott a 2. fokozatig.

Galilei csak az 1. fokozatig ment el; inkább visszavonta a művet, azt mondta nem igaz. Szobafogság élete végéig, az akkori legszebb palotában élt, de nagyon megtört. Eleinte Rómában, majd a firenzei Arcetri villában lakott, felügyelet mellett. Ekkor még mindig végezhetett megfigyeléseket teleszkópjával, noha látása erősen meggyengült, 1638-ban teljesen megvakult. [14.]

Utána írt még: beszélgetések 2 új tudományról, megalapozta a mechanikát. Úgy gondolták, nem kellett volna direkt kötözködni az egyházzal, de így neki is a kopernikuszi elméletek ellen kellett harcolnia.

1642. január 8-án halt meg Arcetri mellett, Toscanában. Azt kívánta, hogy halála után a Santa Croce templomba temessék. Az egyház ezt nem engedélyezte, de 1737-ben átvitték földi maradványait az általa választott templomba, és csodálatos síremléket emeltek tiszteletére. [14.]

A modern világregrend kialakulása

Az akkori tudósokat milyen kérdések érdekelték?

- **Miért esnek le a testek?**

Régi válasz: mert minden test a világegyetem középpontja felé törekszik. Ez a válasz már nem volt érvényes, hisz tudták, nem a Föld áll a világegyetem középpontjában.

- **Miért mozognak a bolygók?**

Arisztotelész szerint azért, mert a bolygószférában vannak, melyeket a legkülső csillagszféra mozgat. Azt pedig a mozdulatlan mozgató mozgatja. A csillagszféra-elmélet azonban már megszűnt, tehát erre sem volt magyarázat.

A Newtoni elmélet jelentősége, hogy mindkét kérdésre egyazon elmélet alapján adja meg a választ. Ehhez át kell majd alakulni a fizikának, meg kell születnie az égi mechanikának. Ezt a kb. 100 évet nevezik a tudományos forradalomnak. Ezzel nem foglalkozunk, csak néhány jellegzetességére térünk ki:

1.) Új tudományos módszertan

kísérletezés; Arisztotelész megtiltotta, mert szerinte nem a környezetet figyeljük meg, hanem az általunk teremtett, mesterséges környezetet.

Kísérletezés fontos elemei

- **gyakorlati tudomány** létrejött; Nem csak elmélkedni kell, hanem kísérletezni is, mesterségesen létrehozni valamit. Be kell avatkozni a világ folyásába, olyan berendezéseket kell létrehozni, melyek segítenek majd a kísérletezésben.
- **indukció**; egyedi esetekből való általánosítás (Arisztotelész: deduktív tudomány), a modern tudomány azonban induktív
- **elvonatkoztatás**; bizonyos körülményektől el kell tudnunk vonatkoztatni a kísérletezéskor

2.) Matematika

Matematika fontos elemei

- **mérhetőség**; olyan jellegű tulajdonságokat kell találni, melyek mérhetőek, melyekhez mértékegység tartozik. Galilei – sebesség, gyorsulás, impulzus; néhány alapvető mechanikai fogalmat ő alkot meg
- **törvények**; természeti törvény fogalmának létrejött. Newton az első aki ezeket kereste.

3.) Új filozófiai háttér

- **ontológia** (lételmélet) és **episztemológia** (ismeretelmélet) – a 17. században mindkettő átalakul, mást gondolnak létezőnek (Arisztotelész – szubsztanciák: pl.: kréta egy létező)
- **Honnan ismerhetjük meg a világot?** A 17. századtól ez lesz a filozófia legfontosabb kérdése

4.) A tudomány új intézményes kerete

- a hajdani tudományos társaságok, ekkor már akadémiákká alakultak
- folyóiratok és egyetemek átalakulása

Nem egyedül a kopernikuszi elmélet az oka a tudományos forradalomnak, de az egyik legfontosabb előzménye.

A térfelfogás átalakulása, a végtelen világegyetem létrejöttének eszméje

Kopernikusz is úgy gondolta, hogy a tér véges, de nagyobb mint gondolták előtte. De még ő is gömbsférákban gondolkodott. Nála tulajdonképpen csak helyet cserélt a Föld és a Nap, kozmológiailag nem változott semmi a világképben. A korai kopernikánusok is véges térben gondolkodtak.

Thomas Digges az 1570-es években a csillagokat a külső szférán kívül, a végtelen térben helyezte el.

Sok funkciója volt a szféráknak:

- mozgások
- visszajönnek a bolygók
- lezárta a teret
- középpont kijelölése

Iszlám csillagászok sem fogadták el a szféra-elméletet: ha valaki odamegy a szférához, és kidugja a kezét, vagy kidobnak egy lándzsát: mi van mögötte? kell lennie valaminek. Ez ugyan támadható, hiszen a szféra a görögök szerint törhetetlen. Ha ott a vége a térnek, nem tudom kidugni a kezem.

Digges támadható: ha a végtelen térnek nincs középpontja, miért pont ebbe a régióba teremtette Isten a világmindenséget?

G. Bruno és **Cusamus** azért végtelen a tér, mert a mindenhatót korlátozná, ha véges teret teremtene, csak a végtelen tér méltó hozzá. Nincs középpont, nincsenek pozíciók. Minden mozog, a világnak homogénnek kell lennie, nincsenek kitüntetett pontok. A csillagok ezért ugyanolyanok lesznek, mint a Nap. A világegyetemben végtelen sok Nap van, végtelen sok világ.

Atomista gondolatok

Atomizmus: végtelen űr, melyben oszthatatlan részecskék mozognak. Ezzel kapcsolatban rengeteg teológiai/filozófiai elmélet született.

Miért nem tudományos? Mert a világ végtelensége nem tapasztalható. Kepler a csillagászat jelenségeivel foglalkozik, ami tapasztalati tudomány. Nem feltételezhetjük, hogy a világegyetem végtelen, mert ez nem kimutatható, továbbá nem is hasznos.

Atomizmus, korpuszkuláris felfogás

Epikurosz, Lucretius – filozófiai kérdésekkel foglalkoztak. Atomi filozófiát dolgoztak ki. 1630-as évekre minden nagyobb tudós elfogadja ezt az elméletet.

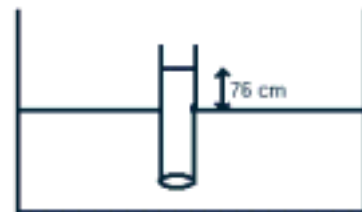
Szerintük a létezőknek 2 csoportja van:

- oszthatatlan testek – mozognak, egymással összekapcsolódnak
- űr, vákuum létezése

2 kísérlet:

- R. Boyle: ő tervezte meg a légszivattyút – Első nagyon jelentős kísérlete az újkori fizikának.
- E. Toricelli: felmászik a higany

Ezek bizonyítják hogy létezik vákuum.



Mechanisztikus felfogás: a részek felől magyarázzák az egészet.

Ezen felfogás ellentéte: ha valamit meg akarunk érteni, belehelyezzük egy rendszerbe, és azt értjük meg, ahogy annak része. Pl. a vesének sincs értelme, csak a testben.

A mechanisztikus felfogás pillanatok alatt elterjedt a 17. század végén. Úgy értjük meg a dolgokat, ha megértjük az atomokat.

Ennek köszönhetően jelentek meg mechanikus kérdések a filozófiában is.

18. században a materialista felfogást ateistának tartották. Sokak szerint amikor Isten megteremtette a dolgokat: mindenhez törvényeket is írt elő. Descartes ezeket akarta kifürkészni.

Renée Descartes

(1596 – 1650)

Ő is azt mondta, hogy mindent a részecskék mozgásának segítségével kell belátni. Törvényeket fogalmazott meg az atomokkal, mozgásukkal kapcsolatban. Egy kivételével átirták őket.

Descartes törvényei alapján a nagyobb testek: örvények. Mindent ezzel magyarázott: Nap, Hold, ár-ápály. Newton elsősorban a descartes-i fizika ellen hadakozott.

G. Borelli

rugalmatlan ütközések törvényeit jól megadta.

Ch. Huggens

rugalmas ütközések

Mitől mozognak a bolygók?

Arisztotelésznél csillagszféra-elmélet, Keplernél már nincsenek csillagszférák. Kopernikusz és Galilei azt gondolta, hogy a bolygók önmaguktól mozognak (belső természetük a mozgás).

Kepler után már nem kör, hanem ellipszis pálya, ez nem tűnik természetesnek → valamilyen külső hatás miatt kell mozogniuk. Descartesnál örvények mozgatják a bolygókat.

Erő: mágikus világképben sok erő, pl. természetes erő (nem kell hozzá démon stb.)

Nem fizikai test, csak fizikai hatással van fizikai testekre. Áthatol testeken, önmagában nem tapasztalható, csak azon keresztül, hogy másra hat.

Ebben az időben erők: **mágnesesség**, **fény** (áthatol a vízen, megvilágít valamit, fizikai nyomást gyakorol az üstökös csóvájára), **gravitáció** (válasz, hogy miért esnek le a testek, minden anyag szeretne tömörülni).

Descartes filozófiájában nem volt jó az erő, mert mindenhez testecskék kellettek, itt pedig nincsenek.

A 17. században a legtöbben nem fogadták el az erőket

Keplernél a bolygók folyamatos körmozgásban voltak: Napból erő árad (erővonalak), ez hajtja körbe a bolygókat, mert a Nap forog (Galileitől tudta).

A bolygók Naptól való távolsága változik: mágnesesség, egyszer taszít, egyszer vonz → Nap is egy mágnes (ezt Newton próbálta cáfolni azzal, hogy túl meleg, mert a mágnes nagy hőfokon elveszíti a mágnesességét)

Kepler általános elképzelése fontos: erő mozgatja a bolygókat (az ő követői a kisebbség, de ők alakítják a modern tudományt)

Miért esnek le a testek a földre?

Arisztotelész szerint a testek a világegyetem középpontja felé törekednek. A kopernikuszi fordulat után ez már nem legitim (a Föld már nem középpont). Descartes szerint örvények vannak a Föld körül, és ezek nyomják le a dolgokat

Kopernikusz: gravitáció fogalma, minden részecskének hajlama, hogy gömb formában akarnak egyesülni

Robert Hooke (70-es évek): szerinte a szabadesést és a bolygók mozgását ugyanaz adja (Newton ezt matematikailag belátta)

Isaac Newton

1642-ben született az angliai Woolsthorpe-ban, és 1727-ben halt meg.

A legnagyobb hatású tudós. Foglalkozott fizikával, csillagászzal, optikával, alkímiával (írásainak 90%-a), kémiával. Sokoldalú, ellentmondásos.

Szegény családba született, szülők nélkül nőtt fel. Papi pályára lépett, de tehetséges volt.

1661-től a Cambridge Egyetemen tanult 5 évig.

1665–1666-ban a pestis elől vidékre menekült, itt születnek a későbbi fő gondolatainak alapjai:

- a fény részecske természete
- integrál (terület) és differenciál (érintő) számítás alapja (kor legjobb matematikusa)
- gravitáció gondolata (történet: fejére esett egy alma)

Visszatért Cambridge-be, és tanítani kezdett, de túl magas szinten.

1671-től tudományos közélet, *Optikai Levelek*

Volt egy vitája Hooke-kal, amiben alulmaradt, ezért ezt követően sokáig nem mert publikálni, de sokat dolgozott.

1687 Edmund Halley, a kor híres csillagásza meglátogatta, és megkérdezte Newtont, hogy az $1/r^2$ (egy per négyzet) milyen mozgást valósít meg, a válasz: ellipszis (ez jó). Halley megkérte Newtont, hogy publikáljon.

1687 *Principa mathematica philosophiae naturalis* (A természet filozófiai és matematikai alapelvei) – fő műve

- Newton törvények (mechanikai alapelvek 200 éven keresztül)
- gravitációs törvény (mindenre vonatkozik)
- + a fenti kettőhöz fizikai alap, ehhez jön a matematikai háttér (modern analízis)

A könyvben Newton mindent geometriai alapokkal magyaráz, mert a korban nem annyira jó az algebra (negatív számok stb.). Az integrálszámítás alapjait is lefekteti benne.

Az előszóban figyelmeztet, hogy különös dolgokat ír.

Newton szerint a természettudomány feladata, hogy mozgásjelenségekből erőkre következtessünk, majd ezekkel magyarázzuk a többi jelenséget. Erőt azzal azonosítja, hogy milyen mozgást okoz.

A kifejtés axiomatikus és deduktív. Definíciók, axiómák, és ezekből vezet le tételeket.

Definíciók:

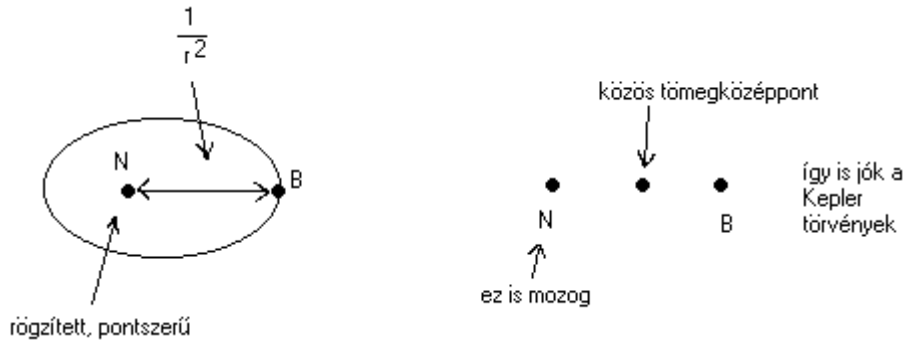
- **tömeg** (anyagmennyiség), sűrűség és térfogat határozza meg. Ez új definíció.
- **lendület**: tömeg*sebesség
- **tehetetlenség** ("erő"): anyag veleszületett belső ereje
- **kívülről ható erők**, pl. ütközésből, nyomásból származó erő, vagy
- **centripetális erő**: egy középpont felé ható erő, pl. gravitáció, mágneses, bolygókat mozgató

Az erőket matematikai objektumoknak tekinti, csak a hatásukat ismeri, a miérteket, az okokat nem.

A mozgás axiómái, vagy törvényei:

- minden test nyugalmi helyzetben van, vagy egyenes vonalú egyenletes mozgást végez, ha nem hatnak rá.
- a mozgásváltozás arányos a külső mozgató erővel, az irány az erő iránya $d/dt(mv) \sim F$
- hatás–ellenhatás: 2 test egymásra gyakorolt hatása mindig egyenlő és ellentétes irányú.
- az erő 2 dolog közötti kölcsönhatás, reláció. (Arisztotelésznél ez nem jó.)

Ellipszis mozgás $\rightarrow 1/r^2$ -es erő.
Fontos neki Kepler 2. törvénye.



Homogén gömb gravitációs hatása = mintha egyesítenénk a tömegét a középpontjában. A forgásuk sem számít. Tesz Holdat a bolygó köré, 3 test probléma, nincs analitikus megoldása. Newton korlátozottan meg tudja oldani. A többi bolygó zavarja az ellipszis alakú keringést, a pálya is elfordul. Sok mindent ki tudott számolni.

18. században sok matematikus foglalkozott ilyesmivel.

Uránuszt megtalálták, az eddigi bolygókkal nem tudták megmondani, hogy miért úgy mozog, ahogy mozog \rightarrow kell, hogy legyen másik pálya, vagy zavaró tényező \rightarrow még egy bolygó \rightarrow kiszámolták a zavarást, ebből meg tudták határozni, merre kell keresni, és így megtalálták a Neptunuszt.

A Merkúr nem úgy mozog, ahogy a newtoni elméletből következne, hanem Einstein relativitás elméletéből adódik a mozgása.

Newtoni módszer hatással volt a többi tudományra, megváltozik a fizika, jelenségek megmagyarázása (hőtan, mágnes stb.), kémiai jelenségek, társadalomelmélet: emberek + törvények.

Newtonnál még van Isten, pl. súrlódást nem lehet leírni

Leibniz: Newton ellenfele, Isten csak elindította a világot, mechanisztikusan megy

Laplace: "Nincs szükségem Isten hipotézisére."

Newton szerint a hatáshoz kell közeg \rightarrow nincs távolhatás

Csak azt mondja meg, hogyan mozognak a testek, azt nem, hogy miért úgy.

"Nem gyártok hipotéziseket." Csak a jelenségekből következtet.

Egyéb források

- [1.] <http://www.csoma.elte.hu/~toti/szertar/csillag/a04.htm>
- [2.] <http://mektukor.oszk.hu/epa1/iskolakultura/2002/1/tanulm2002-1.pdf>
- [3.] <http://www.vmig.sulinet.hu/horvathe/torokor.htm>
- [4.] <http://www.jgytf.u-szeged.hu/tanszek/matematika/speckoll/1998/geometria/web.htm#Apoll%F3niosz>
- [5.] <http://lazarus.elte.hu/hun/digkonyv/szakdolgoz/kzsolt/tema/htm/hippark.htm>
- [6.] http://urania.tavkapcsolat.hu/artic/u_koord.htm
- [7.] <http://www.mezgazd-koszeg.sulinet.hu/kemia/DATA/Tudosok/data/bh2/koperni.html>
- [8.] <http://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/olvaso/histchem/simonyi/kopern.html>
- [9.] <http://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/olvaso/histchem/simonyi/kopern2.html>
- [10.] <http://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/teazo/szazadvg/remeny.html>
- [11.] <http://www.vmig.sulinet.hu/horvathe/torkozep.htm>
- [12.] <http://www.cab.u-szeged.hu/local/naprendszer/seg.htm#k>
- [13.] <http://www.jgytf.u-szeged.hu/tanszek/matematika/speckoll/2001/galilei/>
- [14.] <http://nap.mcse.hu/galilei.html>