

Fizikatörténet

Középkori fizika

Horváth András
SZE, Fizika és Kémia Tsz.

v 1.0

Bevezetés

AFKT 2.4.1 — AFKT 2.4.7

Aktív kutatás tárgya. Sok mindent elfelejtettünk.
Az előzőekből kiderült: fontos dolgok történtek a középkori Európában.

Alapszituáció: Nemrég fedezték fel újra a görög eredményeket.
A görög filozófia a mérték, Arisztotelész tekintélye óriási.

- Nagy fellendülés a filozófiában, teológiában.
- A technikai fejlődés felvetett kérdéseire nincs megnyugtató válasz a görögöknél.

Fő kérdéskör: az **égi és földi testek mechanikája**.

Nehéz túllépni a peripatetikus dinamikán.

Kutatási centrumok

Franciaország (Párizsi egyetem környéke)

- **Nicole d'Oresme (1323–1382)**
- **Jean Buridan (1300–1358)**

Merton College: oxfordi kutatási központ (“Oxford Calculators”)

- **Thomas Bradwardine (1290–1349)**
- **William Heytesbury (1313–1372/3)**
- **Richard Swineshead (1350 körül)**
- ...

(Többségükben papok, szerzetesek, némelyikük püspök.)

Eredmények:

- A **pillanatnyi sebesség** fogalmának csírái.
- Hely-idő **grafikon** csírái.
- **Egyenletesen változó mozgás** tanulmányozása.

Grafikonok rajzolása

Ötlet: egyenletes időközönként a vizsgált mennyiséggel arányos szakasz rajzolása.

A mozgást, időbeli változást geometriai megfoghatóvá teszi!

Ez hiányzott a görögöknek...

Kezdetleges forma, de fontos eredmények.



d'Oresme (Oresmius): Ha az idő helyként ábrázolható, akkor a világ négydimenziós (3 tér + 1 idő).

Kinematikai eredmények

A grafikonok rajzolásával meg lehetett sok mindent sejteni:

- pillanatnyi sebesség fogalma
- egyenletesen változó mozgás megértése (Merton-tétel: az átlagsebesség az időintervallum eleji és végén levő sebesség átlaga.)
- gyorsuló, lassuló, periodikus mozgások ábrázolása

d'Oresme: csak **a relatív mozgás számít.**

A Föld forog vagy az égi szférák körülötte? Mindegy, mert egyenértékű!

Teológiaiilag sem probléma a Föld forgásának feltételezése.

Dinamikai eredmények

Látják, hogy Arisztotelész mozgástörvénye ($v = F/R$) rossz.

Matematikai eszközök híján szöveges próbálkozások
Arisztotelésztől eltérő mozgástörvényre.

Pl: $v = F - R$, $v = (F - R)/R$,

Végiggondolják, milyen mozgások következnenek ebből, és néha alkalmazhatónak találják.

Értékelés:

- + Arisztotelész hibáinak kimutatása.
- + Újszerű gondolkodásmód.
- Nem jönnek rá, hogy a kölcsönhatás a gyorsulást határozza meg, nem a sebességet.

Buridan impetuselmélete

Jean Buridan (1300–1358): igen komoly eredmények.
Sok helyes példa az arisztotelészi dinamikával kapcsolatban.

$\text{impetus} = \text{tömeg} \cdot \text{sebesség}$

Buridan: az impetus a test saját tulajdonsága, **a megváltoztatásához kell külső hatás.**

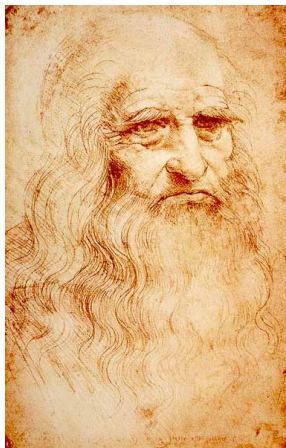
Ebben burkoltan benne van az 1. Newton-törvény és ez lesz a 2. Newton-törvény alapja is.
Newton hivatkozik is rá.

További eredmények

AFKT 2.6.2,

AFKT 2.6.4

Leonardo da Vinci
(1452–1519)



Zseniális művész, mérnök, menedzser, természettudós.

Mérnök: a **középkor eredményeire alapozva** saját gépek tervezése és látványos prezentálása.

Tudós: Fantasztikus **anatómiai ismeretek**, **perspektívikus ábrázolás** szabályai, ...

A fizika elméletére hatása elhanyagolható.

Általában túlértékelik, egész korszak eredményeit tulajdonítják neki.

Leonardo találja fel a repülést?

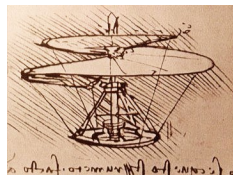
Kína: 1–6. szd.:

- emberes repülés nagy papírsárkánnyal (katonai felderítés)
- siklógépek (100–200 m repülés)
- papírból készült hőlégballonok

Legkorábbi ismert európai siklórepülés:

Malmesbury Eilmer szerzetes 1000–1010 közt. (Kb. 200 m siklás, sok sérüléssel a leszálláskor...

Leonardo: fejlettebb siklógép, helikopter ötlete.



A repülő működhetett, a helikopter biztosan nem.

Sok más találmányt is Leonardo ötletének tartanak, pedig...

További eredmények

Sok más kutatás is folyt. Egyik fő terület:

Hogyan esnek a testek?

Dominico de Soto (1494–1560): szabadesés és az egyenletesen változó mozgás kapcsolata.

Giovanni Battista Benedetti (1530–1590): a nehéz testek nem esnek gyorsabban. Helyes gondolatkísérlet.

Simon Stevin (1548–1620): helyes ejtési kísérletek.

Ezek a kísérletek és elméletek alapjaiban rengetik meg a peripatetikus dinamikát.

A nehezebb testek nem esnek gyorsabban.

További eredmények

Isaac Beeckman (1588–1637): szabadesés számszerűleg helyes modellje 1618-ban.

Alapötlet:

- A testek megőrzik a meglevő impetust. (Buridan)
- **A gravitáció egységnyi idő alatt egységnyivel növeli a test impetusát.**

Ebből levezeti az $s = (g/2)t^2$ törvényt!

Igen fontos eredmény, Newton 2. törvényének alapötlete.

A csillagászat és a mechanika kapcsolata

Távcső előtt: a csillagok és bolygók **pozícióit** lehet mérni.

Alapkérdések: **Milyen pályán és miért mozognak a bolygók?**
Mozog-e a Föld?

Ezek lényegében mechanikai kérdések.

Elmlékeztető: A görögök...

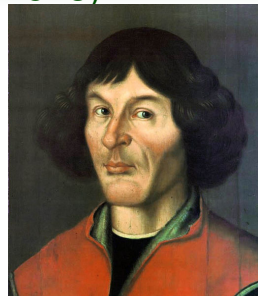
- ... felvetik a napközéppontú világtkép gondolatát
- ... de az arisztotelészi mechanika alapján kizártnak tartják, hogy a Föld mozogna
- ... a földközéppontú (geocentrikus) világtképet dolgozzák ki
- ... szerintük az égi mozgások körpályán történnek: epiciklusok rendszere
- ... elég pontos (20') előrejelzését adják a bolygópozícióknak.

Nicolaus Copernicus (1473–1543)

AFKT 3.2.2

Arisztarkhosz munkáinak felelevenítése.
(Hivatkozza őket.)

Már 1512-ben publikál róla, de fő műve
1543-ban jelenik meg. (“Az égi pályák
körforgásáról”).



Kopernikusz naprendszermodelljének erényei:

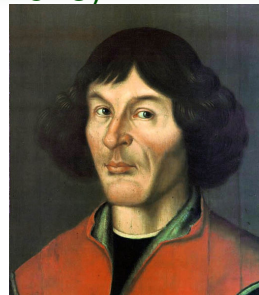
- felmérhetők a pályaméretek arányai
- esztétikusabb naprendszer-kép

Nicolaus Copernicus (1473–1543)

AFKT 3.2.2

Arisztarkhosz munkáinak felelevenítése.
(Hivatkozza őket.)

Már 1512-ben publikál róla, de fő műve
1543-ban jelenik meg. (“Az égi pályák
körforgásáról”).



Kopernikusz naprendszermodelljének erényei:

- felmérhetők a pályaméretek arányai
- esztétikusabb naprendszer-kép

... és gyengeségei:

- mechanikai hiányosságok: miért nem érezzük, hogy mozog, forog a Föld?
- ragaszkodás a körpályákhoz (Arisztotelész): neki is epiciklusok kellenek a pontos modellhez

Kopernikusz Naprendszer-modellje

Alapmodell: Középen a Nap, a bolygók körülötte keringenek körpályákon.

Jól áttekinthető, rendezettebb, mint az ókori epiciklusos modell.

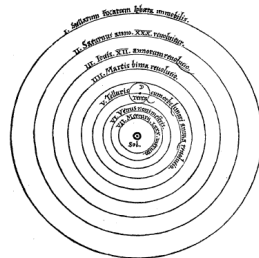
Kopernikusz pontos pályaméreteket is igyekszik kiszámolni.

Baj: körpályák esetén több fokos hiba a bolygópozíciókban!

Korrigált modell: körpályák helyett **epiciklusokkal**.

Ekkor a modell egyszerűsége elveszik, Ptolemaiosszal akkor azonos pontosságú, ha ő is kb. 50 kört használ fel.

További probléma: miért nem érezzük a Föld forgását és keringését?



Kopernikusz értékelése

Ahogy ő maga írja: ez egy **matematikai hipotézis**.

Fontos:

- Egy elfelejtett gondolatsor folytatása.
- Újszerű módszerek a bolygók pályájának meghatározásában.
- Újabb kísérlet az ókori fizikán való túllépésre.

Kopernikuszt sokan kinevetik, miért beszél ilyen “hülyeségeket”, hogy mozog a Föld, amikor érezzük, hogy áll!?

Kopernikusz elméletének elfogadása

Tévhit: Kopernikust üldözte az inkvizíció.

Iratok:

- 1533: Cognomiantus Lucretius a pápának magyarázza Kopernikusz újszerű elméletét, a pápának tetszik.
- 1536: Schönber bíboros levélben kéri Kopernikust, hogy elméletét mielőbb írja meg könyvben, és neki küldjön tiszteletpéldányt.

A könyv kiadása késik: drága és nehézkes a könyvnyomtatás; Kopernikusz fél a nevetségessé válástól.

Kopernikusz szakítása az elfogadott elméletekkel egyfajta “lázadó” imázst adott neki az utókor szemében.

A “világ átrendezése” a reformáció-ellenreformáció korában rossz kontextusba viszi Kopernikusz művét. (Pl. Giordano Bruno)

Tycho de Brahe

AFKT 3.2.3

Tycho de Brahe (1546–1601):

A távcső előtti kor legpontosabb megfigyelő csillagásza.

Igen pontos megfigyelések (2'): a ptolemaioszi rendszer pontatlannak bizonyul!



Egyéb problémák az ókori világképpel:

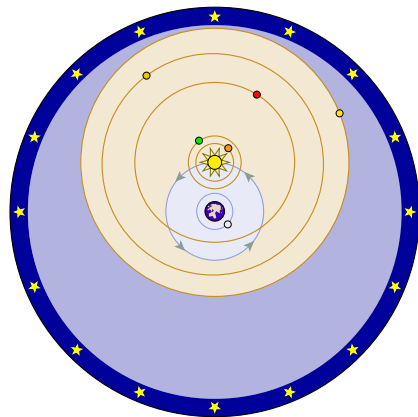
- Egy üstökös távolságát nagyobbban méri a Holdénál. (Hogy közlekedik a kristályszférák közt?)
- Megfigyel egy szupernóvát: az állócsillagok világában van változás!

Következtetés: Az arisztotelészi világkép hibás.

Tycho de Brahe világképe

Kopernikusz rendszere tetszetős,
de ellentmond a tapasztalatnak.

A Föld áll,
körülötte kering a Nap és a Hold,
a bolygók a Nap körül keringenek.



Tycho segédje: Johannes Kepler.
Ő viszi tovább a munkát és értelmezi az eredményeket.

Johannes Kepler (1571–1630)

AFKT 3.2.4

Megkapja Brahe mérési sorozatait és ő maga ügyesen tud számolni. \Rightarrow A bolygópályák valódi alakjának felmérése.

Két fő csillagászati mű:

- **1609, *Astronomia Nova*:** Az első modernnek tartott csillagászati mű.
- **1619, *Harmonices Mundi*:** további eredmények

Hangsúlyozza a megfigyeléseken alapuló elméletalkotás fontosságát.

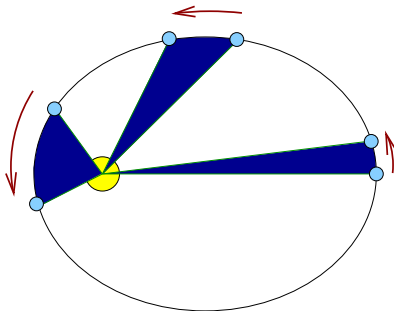
Precízen számol, gondolatmenetét is közli.

A világ harmoniája, az eredmények művészi értéke is foglalkoztatja.
(Mint a pitagóréusokat.)



A Kepler-törvények

1. törvény: a bolygók a Nap körül ellipszispályákon keringenek, melynek egyik gyújtópontjában a Nap áll.
2. törvény: a bolygótól a Naphoz húzott vezérsugár egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűrol.
3. törvény: a keringési idők négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint az ellipszis nagytengelyek köbei.



Ezek segítségével 2' pontos lett az elmélet!

Kepler további csillagászati eredményei

Megpróbálkozik a törvények levezetésével, de nem sikerül.
(Mechanikai alapok hiánya.)

Valamiféle mágneses erőt képzel a Nap és a bolygók közé.
(Sikertelen, de jellegében előremutató kísérlet.)

Hozzávetőlegesen megadja a Naprendszer méreteit.

Az asztrológiát megfigyelésekkel veti össze és elvet. (De hivatali kötelességből készít horoszkópokat.)

Jó távcsövet épít. (Galilei nyomán.)

Műveinek visszhangja: **többnyire elfogadás**. (Üldözés nem éri, mert szakmai kérdésekről megalapozottan ír.)

Összefoglalás

Sok előremutató lépés történt:

- Technikai fejlődés.
- Túllépés a peripatetikus dinamikán, de sajnos még nincs új, teljes elmélet.
- Túllépés a geocentrikus világmképen, de még hiányosak a mechanikai alapok.

Az 1500-as évektől a természettudományos haladás középpontja Európa lesz.

(Sajnos, mi a törökkel vagyunk kénytelenek hadakozni és kimaradunk ebből...)