

# Fizikatörténet

## A newtoni mechanika előzményei

Horváth András  
SZE, Fizika és Kémia Tsz.

**v 1.0**

# Bevezetés

A mechanikában az áttörést Isaac Newton teszi meg a 17. szd. második felében.

De munkáiban épít sok más emberre: *“Csak azért láttam egy kicsit messzebbre a többieknél, mert óriások vállán álltam.”*

# Bevezetés

A mechanikában az áttörést Isaac Newton teszi meg a 17. szd. második felében.

De munkáiban épít sok más emberre: *“Csak azért láttam egy kicsit messzebbre a többieknél, mert óriások vállán álltam.”*

Az eddig említett óriások: Oresmius, Buridan és társaik, Stevin, Beeckman, Kopernikusz, Tycho de Brahe, Kepler.

És akikkel most foglalkozunk először: **Galilei, Descartes, Huygens.**

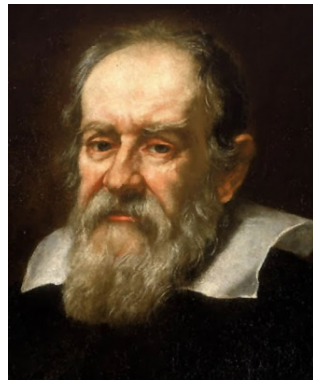
# Áttekintés

AFKT 3.3.2

AFKT 3.3.5

**Galileo Galilei** (1564–1642): az egyik legnagyobb hatású természettudós a történelemben.

Sokszor túl- vagy alulbecsülik jelentőségét. E mögött többnyire ideológiai vagy akár politikai mozgatórugók is felfedezhetők. Mi maradjunk meg a szakmai értékelésnél.



# Áttekintés

- **Jelentős eredmények a mechanikában** (elődeire alapozva).
- A távcső csillagászati alkalmazása elsőként.
- Az arisztotelészi mechanika és csillagászat tarthatatlanságának kimutatása.
- Eltökélt, de szakmailag gyenge lábakon álló érvelés a kopernikuszi rendszer mellett.  
A híres Galilei-per ezzel kapcsolatos, visszatérünk rá.

# Áttekintés

- **Jelentős eredmények a mechanikában** (elődeire alapozva).
- A távcső csillagászati alkalmazása elsőként.
- Az arisztotelészi mechanika és csillagászat tarthatatlanságának kimutatása.
- Eltökélt, de szakmailag gyenge lábakon álló érvelés a kopernikuszi rendszer mellett.

A híres Galilei-per ezzel kapcsolatos, visszatérünk rá.

**Két fő mű:** (a mechanikát érintők közül)

**Dialogo (1632)** : főként a Föld mozgásairól, csillagászatról, részben mechanikáról. Inkább filozófia, mint fizika.

**Discorsi (1638)** : ez már fizika; statikai problémák helyes megközelítésben, lejtőn guruló test mozgástörvényei, inga, ferde hajítás leírása.

# Szabadesés és lejtőn gurulás

**Egyenletesen gyorsuló mozgás** tanulmányozása. (Nem ő az első!)

Gond: az esés túl gyors.

Ötlet: a lejtő lassítja az esést, ezt kell tanulmányozni. (Szerencséje volt, hogy ez kiterjeszthető az esésre...)

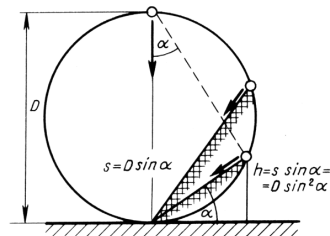
$s(t) = (a/2)t^2$  törvény felfedezése kicsit más alakban:

**Az egyenlő hosszú idők alatt megtett utak arányai a páratlan számoknak felelnek meg.**

Felfedezés módja: egy saját készítésű óra egyenlő időközönként kattant. Minden kattanáskor bejelölte a guruló test helyét. A jelölések közti távolságok 1:3:5:7:... arányban voltak. (Ez egy szép, geometriai eredmény. Pithagorasz is örülne neki.)

# Szabadesés és lejtőn gurulás

Érdekes lejtős tételek. Pl: ha két lejtő egy pontba fut be, és a lejtőkön való legurulás ideje azonos, akkor a lejtők végpontja olyan körön vannak, mely a lejtők talppontjában érinti a talajt:



Többi tételét is **geometriailag fogalmazza meg**. (A számolás, egyenletrendezés alapjai már adottak, de nem széles körben ismertek.)

Ejtési kísérletek:

- Pisai Egyetemen (Nem a ferde toronyban!)
- Nem ő az első! (...nem is állítja)
- Nehézségi gyorsulásra kapott érték: kb.  $8 \text{ m/s}^2$ . (Nem tartotta fontosnak a pontos értéket.)



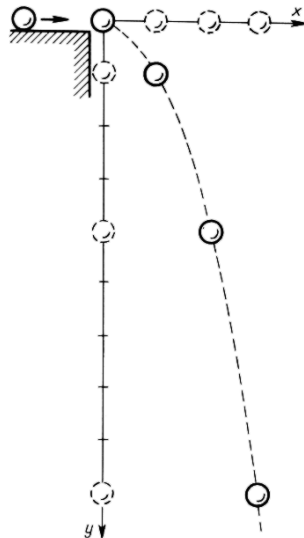
# Hajítás

Hajítás: bebizonyította, hogy **a mozgás pályája parabola!**

Jelentőség:

- Praktikus: lövedékek röppályája.
- Elvi: A **komponensekre bontás** ötlete.

A komponensekre bontás ötlete a koordináta-geometria előfutára és máig is fontos módszer a mechanikában.



# Galilei vizsgálati módszere

A **vizsgálati módszer** követendő:

- fogalom tisztázása
- hipotézis
- matematikai következmény felmérés
- kísérleti ellenőrzés
- ha kell, visszalépés valamelyik korábbi szintre

# Galilei vizsgálati módszere

A **vizsgálati módszer** követendő:

- fogalom tisztázása
- hipotézis
- matematikai következmény felmérés
- kísérleti ellenőrzés
- ha kell, visszalépés valamelyik korábbi szintre

Ez azóta is hatásos módszer.

A görög természettudósok az utolsó két lépést szerették mellőzni.

# További mechanikai eredmények

**Ingamozgás: Lengésidő közel független a kitéréstől.**

(De tévesen azt hitte, nagy szögekre is.)

Megbízható **időmérő szerkezetek** építése.

- ingaóra: a felfedezett törvény szerint
- vízóra: vízcsepegés egyenletes ütemben

**Szerkezetek méretfüggése:**

Rájön, hogy ha egy szerkezetet (mondjuk egy darut) 2-szeres méretekkel építünk meg, akkor tömege 8-szorosan, de keresztmetszetei csak 4-szeresen növekednek.

- Alkalmazás nagyobb hajók építésénél.
- Ezért vastkosabbak arányaiban is a nagyobb állatok.

# Kinematikai és dinamikai alapok

Félig leragad Arisztotelésznél:

- geometriai megfogalmazás
- természetes mozgás: körmozgás

**Galilei-féle relativitási elv:** Egyenletes mozgás nem észlelhető. Gondolatkísérletek egyenletesen mozgó hajó belsejében.

Hiányosság: azt hiszi, hogy a körmozgás a természetes mozgás, nem pedig az egyenes vonalú. (A gömb alakú Földön az egyenletesen menő hajó körmozgást végez!)

Mozgástörvény: gyenge próbálkozások.

# A távcső csillagászati felhasználása

AFKT 3.3.1

Nem tudni pontosan, ki fedezte fel a távcsövet. Talán holland hajósok.

(Vagy már az asszírok? Vagy az arab tudósok? Vagy ... Nem tudni már. Lencsét régóta csinálnak, szemüveget régóta használnak, de nem tisztázott, távcsövet állítottak-e össze az 1600-as évek előtt.)

# A távcső csillagászati felhasználása

## AFKT 3.3.1

Nem tudni pontosan, ki fedezte fel a távcsövet. Talán holland hajósok.

(Vagy már az asszírok? Vagy az arab tudósok? Vagy ... Nem tudni már. Lencsét régóta csinálnak, szemüveget régóta használnak, de nem tisztázt, távcsövet állítottak-e össze az 1600-as évek előtt.)

Ami szinte biztos: **Galilei használja először csillagászati célokra a távcsövet.**

## Galilei főbb csillagászati eredményei

**A Hold felszíni alakzatai.** Hegyek és sík területek váltakozása. Hegyek közelítő magasságmérése árnyékok alapján. (Helyes értékek.)

**Napfoltok.** A Napon foltok vannak, ezekkel a Nap forgása is kimutatható.

**Vénusz fázisai.** A Vénusz ugyanolyan fázisokat mutat, mint a Hold. Ez a kopernikuszi rendszerbe könnyen beleilleszthető, a ptolemaiosziba nem.

**A Jupiter holdjai.** A Jupiter körül 4 hold kering. Világos példa arra, hogy nemcsak a Föld lehet keringési középpont.

**A Szaturnusz furcsasága.** Nem tudja felbontani a gyűrűt, nem érti mi az, de látja, hogy nem egyszerű szerkezetű a Szaturnusz.



## A Hold felszíne

Galilei kb. olyan felbontású képet látott, mint ez a kép:

A Hold felszínén hasonló alakzatok vannak, mint a Földön:

- hegyek
- sík vidékek, Galilei szerint tengerek is
- völgyek, Galilei szerint folyók is

Következtetés: **a Föld nem egyedülálló fizikájú hely.**

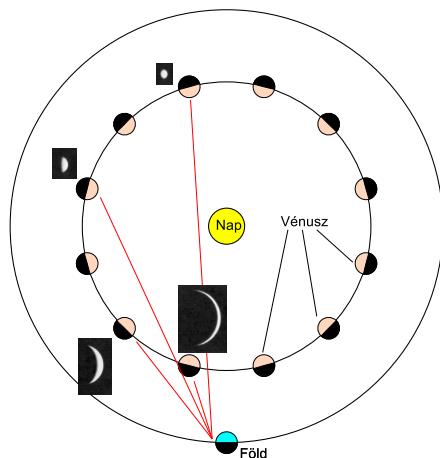
Nem bizonyítja, csak elképzelhetőbbé teszi azt, hogy Föld csak egy bolygó a többi közül.



## A Vénusz fázisai

A Naphoz viszonyított helyzet függvényében a Vénusz alakja és szögmérete speciálisan változik.

- A kopernikuszi rendszerben ez tökéletesen érthető.
- A ptolemaiosziban ez érthetetlen, mert a Vénusz ott mindig közelebb van a Földhöz, mint a Nap.



Újabb tény, ami **nem magyarázható a földközéppontú rendszer segítségével.**

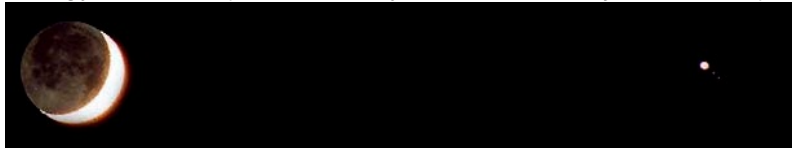
Tycho de Brahe rendszerének megfelelően!

# Jupiter-holdak

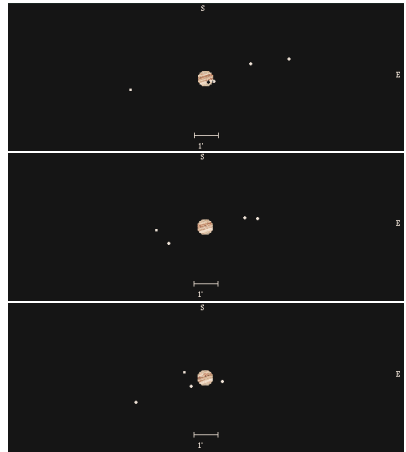
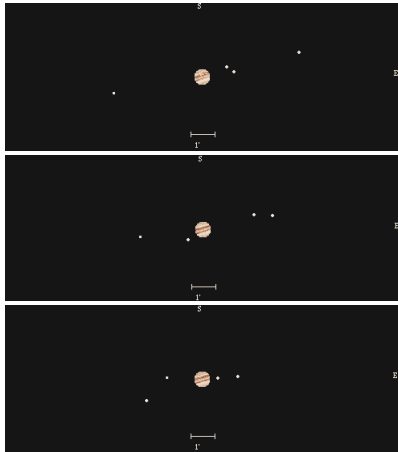
Galilei kézírata a Jupiter-holdak felfedezéséről:



És egy mai fotó: (a méretarány kedvéért mutatjuk a Holdat)



## ... mit láthatott Galilei?



(4 óránkénti pozíciók. Csalás: nappal kimaradt ezek közül pár.)

Nem csak a Föld lehet keringési középpont.

# Elméleti magyarázat: önellentmondások, tévedések

Galilei több érthetetlen hibát vét:

- Ragaszkodik a körpályákhoz, pedig már ismeri Kepler munkáit, és azt, hogy körpályákkal csak pontatlan értékeket kapunk.
- Az árapályt (és több hasonló jelenséget) tévesen a Föld forgásával magyarázza. Pedig az árapályról régóta tudják, hogy a Holddal és a Nappal kapcsolatos.

Galilei szinte mániákusan ragaszkodik a Föld forgásának elméletéhez és ezt mindenütt agresszíven hangsúlyozza is, gyakorlatilag lehülyézve vitapartnereit.

# A Galilei-per

Az egész erősen át van politizálva és túlideologizálva.

Talán a legközismertebb fizikatörténeti esemény, ezért foglalkozunk vele.

## Tudománytörténetileg biztos:

- Galilei fontos réseket fedezett fel az arisztotelészi rendszeren.
- Érezte az arisztotelészi mechanika hiányosságait.
- Érvelése nem mindig következetes és nem mindig korszerű
- Nem tudta megválaszolni: miért nem érezzük a Föld forgását, mozgását. (Majd csak Newton tudja.)

Miért is volt a per?

...

Arisztotelész újra felfedezése: 11–12.sz.d.-tól.  $\Rightarrow$  Az arisztotelészi filozófia adja a teológia kereteit.

Eredetileg ez nem volt merev ragaszkodás: a 14.sz.d.-ban Oresmius (katolikus püspök) és Buridan bátran kritizálja az arisztotelészi mechanikát.

### Speciális körülmények a 17.sz.d. elején.

- Reformáció-ellenreformáció: a Katolikus Egyház érzékenyebb a hitelvek támadására.
- Giordano Bruno (1548–1600): Kopernikuszi elméletet felhasználó, a Katolikus Egyház tanítása ellen tanító filozófus. A kopernikuszi elmélet “rossz társaságba keveredik.”



Galilei 1610-től folytonosan konzultál a Szentszékkal.

- Jezsuita csillagászok ellenőrzik és reprodukálják távcsöves megfigyeléseit. (Pl. **Christoph Scheiner** (1573–1650)) Viták, de alapvetően elfogadják a módszert.
- Teológiai konzultáció (Pl. Robert Bellarmin (1542–1621)) Óva intik a napközéppontú rendszert igaznak elfogadó művek írásától.
- A Dialogo pápai támogatással, egyházi engedéllyel jelenik meg 1632-ben.





## Akkor miért indul per 1633-ban? Talán:

- A Pápa (aki régebben jó barátja volt) személyes bosszúja? (A Dialogoban kifigurázza.)
- Galilei elég csipkelődős, néha fennhéjázó modorú, még ha nincs is igaza. (Dialogo.)
- Kritikus téma feszegetése (az arisztotelészi filozófia volt a hivatalos világkép): tabukhoz nyúlt Galilei?
- Túl sok hasonlóság Giordano Brunóval?
- Valójában tudományosan nem teljesen helytálló érvelés?

Valószínűleg ezek kombinációja.

Tanait visszavonadják, házi őrizetre ítélik. Itt írja meg a Discorsit, mely legfontosabb fizikai műve.

# Galilei népszerűségének oka

## Galilei rendkívül népszerű.

Általánosan elfogadott kép: a középkorban semmi komoly nem történt a természettudományokban, Leonardo próbálkozott valamivel, aztán Galilei volt az első érdemleges fizikus.

Látjuk, hogy ez nem igaz. Akkor miért akkora “sztár” Galilei?

- Sok valódi komoly eredmény.
- Sokat adott a népszerűsítésre, olaszul írt.
- Az emberek memóriája véges, szeretnek egy-két embert rendelni egy egész korszakhoz.
- Galilei jó “hős” volt a “felvilágosodás korában”, amikor az Egyház maradiságát akarták minden áron bizonyítani a történetírók.

# René Descartes (1596–1650) mechanikai munkái

AFKT 3.4.2,

AFKT 3.4.3

A matematika szerepének felismerése.

Koordinátageometria: új, hatékony eszköz.

## Mozgástörvények:

- Az egyenes mozgás a természetes.
- A testek megtartják egyenes vonalú egyenletes mozgásukat, ha nem zavarják őket.
- Ütközések vizsgálata, nehézkes szabályok megállapítása. (Hiányzó fogalmak: erő, lendület, ...)
- Bolygómozgások oka: egy finom anyag örvénylése.
- Rossz magyarázat a nehézkedésre.

(Sok egyéb, fontos eredmény, pl. a fény töréstörvénye, szivárvány magyarázata, ... ld. később.)

# Christian Huygens (1629–1695) mechanikai munkái

AFKT 3.6.1

AFKT 3.6.5

Kifejezett szaktudós.

- Pontosabb, általánosabb lejtőtörvények.
- Matematikai, fizikai, cikloidális inga. (Pontos órák.)
- Ütközési törvények, lendület- és energiamegmaradás csírái.
- Vonatkoztatási rendszerek közti áttérés gondolata.

(Sok egyéb eredmény, pl. jó távcsövek építése, csillagászati felfedezések, fényelmélet, ...)

# Huygens lejtőtörvényei és ingaórája

Galileire alapozva kidolgozza a tetszőleges alakú lejtőn való mozgás törvényeit:

- A görbe lejtőket kis, egyenesnek tekinthető szakaszokra bontja.
- Módszert ad a mozgás idejének meghatározására.

Az egyszerű inga egy kör alakú lejtőn mozgásnak felel meg.  
Huygens:

- bebizonyítja, hogy a kör alakú lejtőn a periódusidő a kitérés függvénye
- meghatározza azt az alakot, melynél nem függ a periódusidő a kitéréstől
- ilyen elven működő órát tervez és épít